

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení



**Zařízení pro finální čištění dílů**  
**Device for final cleaning of parts**

Student:

Bc. Lukáš Kvíčala

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2018

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Kvíčala**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika  
Téma: **Zařízení pro finální čištění dílů**  
**Device for Final Cleaning of Parts**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení pro čištění elektromagnetu po jeho montáži. Čištění proběhne ofukem stlačeným vzduchem - vnitřní prostor a vnější plášť. Zařízení uchopí elektromagnet úchopnou hlavicí, přesune jej do místa čištění, po ukončení cyklu čištění elektromagnet uchopí jiná hlavice pro zachování čistoty a přesune jej na navazující dopravník.

### Vypracujte následující body:

1. Rešerši k problematice tlakového čištění a sušení výrobků.
2. Navrhněte vhodné prvky a postup čištění elektromagnetu.
3. Navrhněte konstrukci manipulátoru a vhodné pracovní prvky.
4. Navrhněte elektro-pneumatický obvod a specifikujte prvky.
5. Nakreslete dispoziční výkres zařízení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.  
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0.  
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.  
MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of fluid power: Part 2, Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.  
Katalogy a podklady výrobců pneumatických prvků.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

---

doc. Dr. Ing. Lumír Hružík  
vedoucí katedry



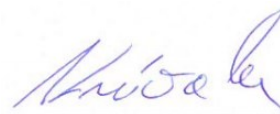
---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018

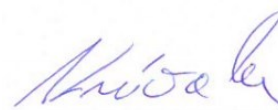


.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.5.2018



.....  
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lukáš Kvíčala

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Prostřední Bludovice 391, 739 37

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. KVÍČALA, L. *Zařízení pro finální čištění dílů: diplomová práce*. Ostrava VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2018, 67 s. Vedoucí práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Diplomová práce je zaměřena na vytvoření zařízení pro finální čištění elektromagnetu. Tato práce se tedy nejprve zabývá problematikou tlakového čištění a sušení výrobků ve výrobních procesech. Rovněž jsem poukázal na základní rozdělení tlakového čištění a sušení. V další části jsem uvedl problematiku a přehled úchopných hlavic z důvodu naložení a vyložení elektromagnetu ze zařízení pro finální čištění. V závěrečné části diplomové práce je navrženo zařízení pro finální čištění výrobku s konstrukcí manipulátoru pro uchopení a přemístění elektromagnetu a zvolení vhodných pracovních prvků.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Bc. KVÍČALA, L. *Device for final cleaning of parts: Master thesis*. Ostrava VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2018, 67 p. Thesis head: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

The master thesis is focused on the creation of device for final electromagnet cleaning. This thesis first deals with problems of pressure cleaning and drying of products in production processes. I also point out the basic distribution of pressure cleaning and drying. In the next part I introduced the problem and overview of the grippers due to the loading and unloading of the electromagnet from the final cleaning device. In the final part of the master thesis is designed the device for final product cleaning with the manipulator construction for electromagnet grip and transfer and selection of suitable working elements.

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů .....	10
Úvod .....	11
1. Problematika tlakového čištění a sušení výrobků .....	12
1.1. Rozdělení tlakového čištění .....	12
1.1.1. Tlakové čištění a sušení pomocí vrtané trubky .....	13
1.1.2. Tlakové čištění a sušení pomocí trysek .....	13
1.1.2.1. Jedno otvorová tryska .....	14
1.1.2.2. Vícekanálová tryska .....	14
1.1.3. Tlakové čištění a sušení pomocí vzduchových nožů .....	15
1.1.3.1. Nízkotlaký vzduchový nůž .....	15
1.1.3.2. Vysokotlaký vzduchový nůž .....	17
1.2. Základní typy vysokotlakých vzduchových nožů .....	18
1.3. Provozní náklady .....	19
1.4. PATA-GUN .....	19
1.4.1. Princip funkce PATA – GUN .....	20
1.4.2. Aplikace v průmyslu .....	20
2. Úchopné hlavice .....	21
2.1. Rozdělení úchopných hlavic .....	21
2.1.2. Mechanické aktivní manipulátory .....	23
2.1.2.1. Paralelní pneumatická úchopná hlavice .....	23
2.1.2.2. Úhlová pneumatická úchopná hlavice .....	24
2.1.2.3. Radiální pneumatická úchopná hlavice .....	24
2.2. Rozdělení úchopných hlavic podle vnitřní konstrukce .....	25
2.2.1. Klínový převod .....	25

2.2.2. Pákový převod.....	26
2.2.3 Ozubený převod.....	26
2.2.4 Šroubový převod.....	27
2.3 Výhody a nevýhody mechanických úchopných s aktivním prvkem.....	27
2.3.1 Pneumatické pohony .....	27
2.3.2 Hydraulické pohony .....	27
2.3.3 Elektrické pohony .....	28
2.3. Magnetická úchopná hlava .....	28
2.3.1. Úchopná hlava s permanentním magnetem .....	28
2.3.2 Úchopná hlava s elektromagnetem .....	30
2.4 Podtlakové úchopné hlavice .....	30
2.5 Úchopná síla.....	32
3. Návrh pracovních prvků a postup čištění elektromagnetu .....	35
3.1 Ofukovací část.....	36
3.1.1 Vzduchový nůž kruhový dvoudílný VNCD-AL-N-1000-102.....	36
3.1.2 Vzduchová tryska KNH-R02-200 .....	38
3.2 Pohyblivá část .....	40
3.2.1 Pneumatický pohon CXSM15-80-CXSM .....	40
3.3 Postup čištění elektromagnetu .....	42
4. Návrh konstrukce manipulátoru a vhodných pracovních prvků.....	43
4.1 Nakládací část .....	43
4.1.1 Magnetická úchopná hlavice MHM-32D1-X6400 .....	44
4.1.2 Pneumatický pohon CDQMB32TF -75 .....	44
4.1.3 Bezpístnicový pohon MY1B25TFG – 400Z.....	46
4.2 Vykládací část.....	48
4.2.1 Manipulační hlavice .....	48



4.2.2. Pneumatický pohon MGP .....	50
4.2.3 Bezpečnostní pohon MY1B25TFG – 400Z.....	51
5. Specifikace prvků elektro-pneumatického obvodu .....	54
5.1 Úprava stlačeného vzduchu AW40-F04H-A–G46-10-01 .....	54
5.2 Odvzdušňovací ventil VHS.....	54
5.3 Ventilový blok .....	55
5.3.1 Ventilový blok řady SY3000.....	55
5.3.2 Ovládací ventil VG342.....	56
5.4 Škrticí ventil AS1201F—M5-06 .....	56
5.5 Tlumiče hluku.....	57
5.6 Propustnost systému .....	57
5.7 Řízení manipulátoru a ofukovacího zařízení .....	60
6. Závěr.....	62
Seznam použité literatury.....	65

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Význam	Jednotky
F	Síla	[N]
$F_u$	Upínací síla	[N]
$F_z$	Zatěžující síla	[N]
$F_p$	Zdvihací síla pneumatického pohonu	[N]
H	Vyosení	[m]
L	Délka ramene	[m]
P	Výkon, příkon	[W]
Q	Průtok vzduchu	$[l \cdot min^{-1}]$
$Q_{ekv}$	Propustnost	$[l \cdot min^{-1}]$
R	Poloměr	[m]
S	Obsah	$[m^2]$
a	Zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$a_k$	Zrychlení kritické	$[m \cdot s^{-2}]$
d	Průměr cívky/pístu	[m]
g	Tíhové zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
m	Hmotnost	[kg]
p	Tlak	[Pa]
r	Poloměr tělesa	[m]
v	Rychlost pístu	$[m \cdot s^{-1}]$
$\alpha$	Úhel sklonu	[°, rad]
$\mu$	Koeficient bezpečnosti	[1]

## Úvod

V dnešní době je stlačený vzduch nedílnou součástí všech odvětví průmyslu. Jeho hlavní výhodou je vynikající uskladnitelnost a neomezená dostupnost vstupního média. Používá se v celé řadě aplikací. V automatizaci a průmyslu ho nalezneme pro ovládání a pohon pneumatických zařízení a strojů. V úvodu své diplomové práce se věnuji problematice tlakového čištění a sušení výrobků. V této části se převážně zabývám základním rozdělením tlakového čištění a popisem jednotlivých konstrukčních provedení jako jsou vrtaná trubka, vzduchové trysky a vzduchové nože. Nakonec jsem uvedl tabulku orientačních provozních nákladů jednotlivých konstrukcí. V závěru této části jsem pro zajímavost uvedl a popsal rotační trysku s názvem PATA – GUN, kterou jsem našel v katalogu firmy MOS technik.

Dále jsem v práci uvedl charakteristiku a základní rozdělení úchopných hlavic. Tyto úchopné hlavice jsem dále rozvedl a popsal podle jejich konstrukčních provedení. V práci je uveden příklad výpočtu úchopné síly, jelikož je důležitým prvkem u těchto systémů k uchopení předmětu a jeho bezpečném přemístění.

Cílem diplomové práce je navrhnout zařízení pro finální čištění elektromagnetické cívky rozváděče. V závěru této práce jsem tedy navrhl a vymodeloval základní konstrukci ofukovacího zařízení včetně konstrukce manipulátoru a zvolil pro příslušné zařízení vhodné pracovní prvky. Dále byl navržen postup pro čištění elektromagnetu a elektropneumatický obvod. Jako poslední bod této práce byl nakreslen a vymodelován dispoziční výkres celého zařízení pro finální čištění výrobku.

# 1. Problematika tlakového čištění a sušení výrobků

V současné době se čím dál víc výrobní firmy zabírají s požadavkem na ofukování a sušení výrobků, především v potravinářském průmyslu, ale tyto systémy mají všestranné použití, proto jej můžeme také nalézt v průmyslu:

- Papírenství
- Polygrafie
- Textilní
- Stavební
- Dřevařský
- Strojírenský
- Plastikářský
- Gumárenský
- Elektrotechnický
- Ekologie a zpracování

Tlakový vzduch je v mnoha průmyslových a řemeslnických oborech nezbytným pomocníkem. Tlakovým vzduchem můžeme účelně ofukovat předměty, z nádob vyfukovat nečistoty nebo také předměty ochlazovat, zahřívat, sušit či čistit. Těchto možností je opravdu mnoho. [1], [2]

## 1.1. Rozdělení tlakového čištění

Tam kde je pracováno s otevřeným tlakovým vzduchem často vzniká vysokofrekvenční pískavý zvuk, který může poškodit sluch. Vzniká při turbulentích na výstupu vzduchu. V současné době existuje mnoho způsobů, jak můžeme provádět tlakové čištění nebo sušení výrobku a rozdělujeme jej do tří kategorií: [2]

- Vrtaná trubka
- Vzduchové trysky
- Vzduchové nože

### 1.1.1. Tlakové čištění a sušení pomocí vrtané trubky

Toto řešení je velice výhodné z hlediska nízkých pořizovacích nákladů a jednoduché konstrukci. Nevýhodou vrtaných trubek je nízká účinnost a nepřispívá jí ani vysoká hlučnost v provozu. Vysoké provozní náklady a velká spotřeba vzduchu je zásadním problémem tohoto řešení. [3]



*Obr.1.1 Vrtaná trubka [3]*

### 1.1.2. Tlakové čištění a sušení pomocí trysek

Provedení pomocí trysek má vyšší účinnost ofuku z důvodu lépe směřujícího proudu vzduchu. Stejně tak jako u předchozího provedení zůstává problém s velkou spotřebou vzduchu a tím spojené i provozní náklady. Tlakové čištění pomocí trysek má jednoduchou konstrukci. [3]



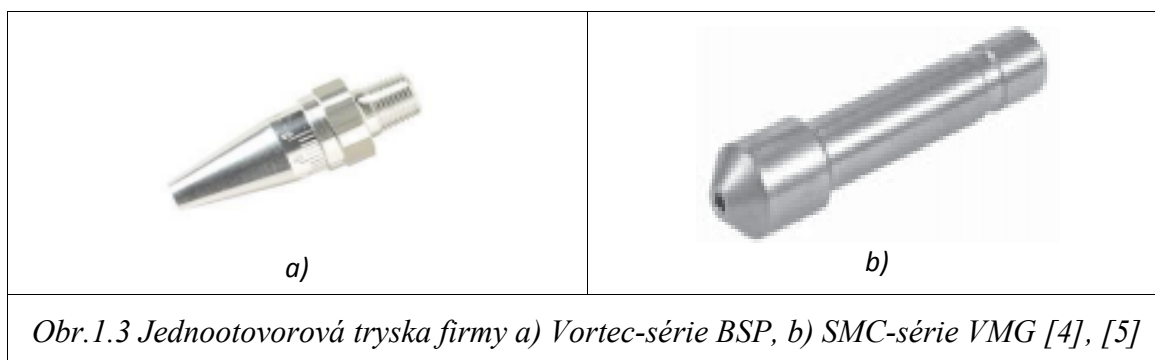
*Obr.1.2 Trubka s tryskami [3]*

Tyto trysky rozděluje podle konstrukce do dvou skupin:

- Jedno otvorové trysky
- Vícekanálové trysky

### 1.1.2.1. Jedno otvorová tryska

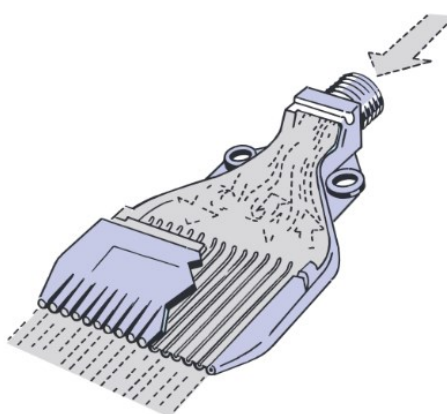
Tyto vyfukovací trysky například firmy VORTEC nebo SMC jsou zesilovače proudu vzduchu a umožňují snížení hladiny vzduchu a také jsou úsporné co se týče úspory stlačeného vzduchu. Vyfukovaný vzduch je 25krát větší než množství stlačeného vzduchu. Konstrukčně je to efektivnější náhrada za vrtané díry, či otevřené otvory. [4]



Obr.1.3 Jednootvorová tryska firmy a) Vortec-série BSP, b) SMC-série VMG [4], [5]

### 1.1.2.2. Vícekanálová tryska

Vícekanálové trysky pro tlakový vzduch mají výrazně menší spotřebu vzduchu a snižují hladinu vzduchu při větší ofukovací síle paprsku. Funkce vícekanálových tlakových vzduchových trysek spočívá v rozdělení vystupujícího proudu vzduchu na jednotlivé vzduchové paprsky Obr.1.4. Směřovaný, rovnoměrný a silný vzduchový svazek paprsků zde zaručuje vhodně uspořádaných šestnáct proudových vzduchových kanálků. [2]



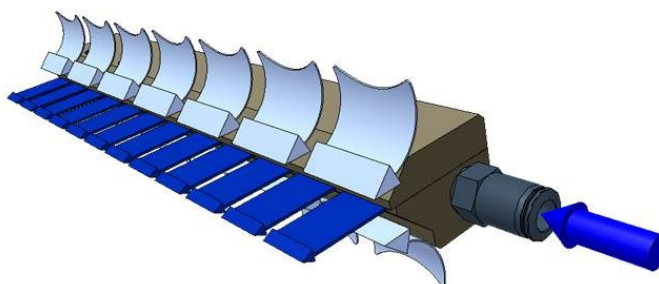
Obr.1.4 Popis vícekanálové trysky [2]

V porovnání s klasickou jedno otvorovou tryskou mají tyto trysky výrazně nižší hladinu hluku. Mají stejnou ofukovací sílu při nižším pracovním tlaku a nízkou spotřebu vzduchu. Jsou výhodnější, co se týče nákladů a lepšího ofukovacího účinku. [2]

### 1.1.3. Tlakové čištění a sušení pomocí vzduchových nožů

Vzduchové nože vytváří vysoce kapacitní souvislý proud vzduchu po celé délce nože o vysoké rychlosti a fungují jako objemové zesilovače. Tyto zařízení mají vysoce efektivní a ekonomické řešení pro využití stlačeného vzduchu při procesech jako je ofukování, čištění, sušení, chlazení, třídění materiálu nebo také k realizaci vzduchových clon, tepelných bariér či odstranění statického náboje. [6]

**Coanda efektu** je zde dosaženo díky speciálně tvarované čepeli, kdy proud vzduchu vychází z nože a unáší vzduch z okolí štěrbin, a tedy zesiluje i celkový jeho objemový průtok. [10], [11]



*Obr.1.5 Coanda efekt vzduchového nože [11]*

Předním dodavatelem těchto vzduchových nožů u nás jsou firmy MOS Technik, Hennlich a Lontech, které tyto vzduchové nože dodávají ve dvou provedeních:

- Nízkotlaký vzduchový nůž
- Vysokotlaký vzduchový nůž

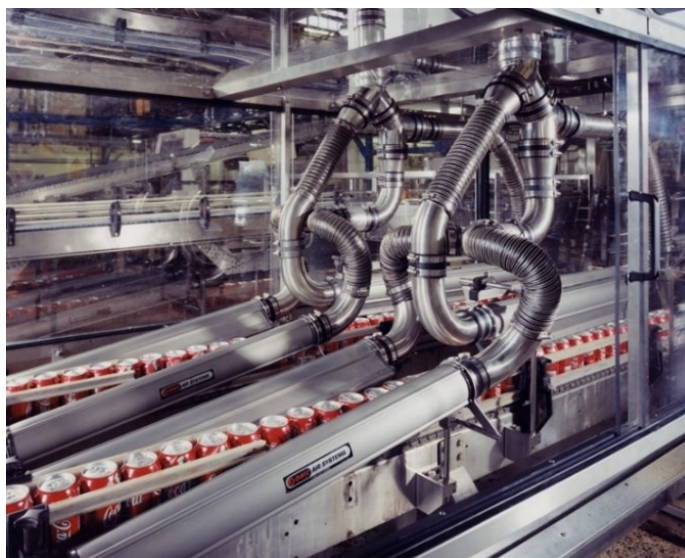
#### 1.1.3.1. Nízkotlaký vzduchový nůž

Mnohem propracovanějším zařízením než předchozí zmíněné ofukování pomocí trubic a trysek je využití nízkotlakových nožů. Mají relativně nízkou spotřebu vzduchu, a tedy i nízké provozní náklady. Výhodou těchto nožů je dobrá účinnost, směřování proudu vzduchu a také práce při nízkém provozním tlaku. Jelikož nastává nutnost pořízení zdroje nízkotlakého vzduchu tedy dmyhadla a kompletního rozvodu je zde velkou nevýhodou pořizovací cena. [3]



*Obr.1.6 Nízkotlaký vzduchový nůž [3]*

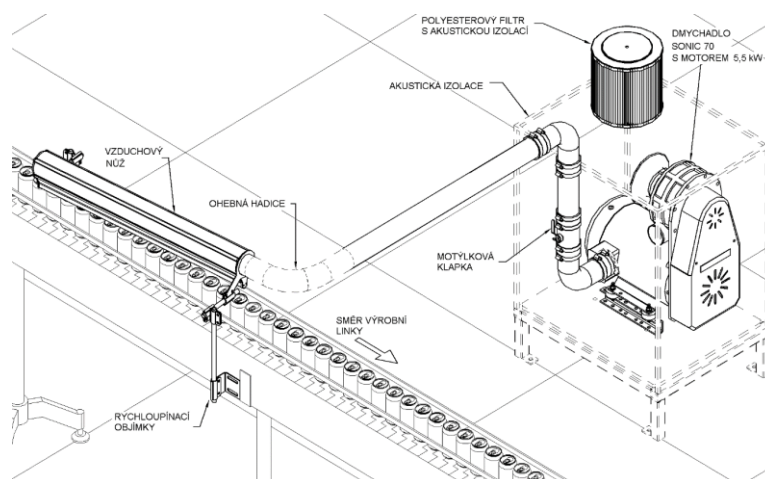
Tyto systémy jsou například nainstalovány ve výrobních linkách pro výrobu nápojů, který spolehlivě odstraní kapalinu z láhví, skleniček, dóz a jiných balení.



*Obr.1.7 Ofukovací zařízení pro čištění zbytkové vody nebo nežádoucího kondenzátu [7]*

Na Obr.1.8 Můžeme vidět jednoduchou konstrukci této výrobní linky. Tato výrobní linka se skládá z akustické izolace, ve které je uloženo dmyhadlo. Součástí této akustické izolace je polyesterový filtr, přes který dmyhadlo nasává vzduch. Dmyhadla pro tyto aplikace používají motory s výkonem od 2,2 do 37 kW a vzduch je dále rozváděn velkokapacitními hadicemi k vzduchovým nožům, které mají modulární design. [8]





Obr.1.8 Popis konstrukce ofukovacího zařízení [9]

### 1.1.3.2. Vysokotlaký vzduchový nůž

Oproti vrtané trubce a trubce s tryskami využití vysokotlakého vzduchu nože sice znamená vyšší pořizovací náklady, ovšem roční náklady na provoz takového ofuku jsou mnohem nižší díky nižší spotřebě vzduchu, hlučnosti a větší účinnosti. [12]



Obr. 1.9 Vysokotlaký vzduchový nůž [12]

Mají jednoduchou montáž a nože můžeme tedy umístit do vertikální tak i horizontální nebo šikmé polohy. Je doporučován v provozech, kde je vyžadovaný nepřetržitý proud vzduchu.

K výrobě vzduchových nožů se používají tři materiály:

- ocel
- nerezová ocel
- hliník

Speciální čepel zde dále slouží je směřování a vytvoření stejnorodého řízeného proudu. Můžeme tedy a jednoduše polohovat směr proudícího vzduchu a tím dosáhnout optimálního výkonu. [12]

## 1.2. Základní typy vysokotlakých vzduchových nožů

Vzduchové nože se vyrábí v různých tvarových variantách pro různé konkrétní aplikace:



### 1.3. Provozní náklady

V tab.1 jsou uvedeny orientační spotřeby vzduchu různých druhů ofuku při provozu 260 dní v roce, 8 hodin denně při ceně 0,65 Kč/m<sup>3</sup> stlačeného vzduchu.

	<i>Pracovní tlak</i>	<i>Spotřeba na 100 mm délky [l·min<sup>-1</sup>]</i>	<i>Pořizovací náklady [Kč]</i>	<i>Roční provozní náklady [Kč]</i>	<i>Cena za první rok [Kč]</i>
<i>Vrtaná trubka</i>	4	680	1000	55162	56162
<i>Trubka s tryskami</i>	4	1005	3360	81526	84886
<i>Nízkotlaký vzduchový nůž</i>	0,2	-	110000	19680	129680
<i>Vzduchový nůž</i>	4	150	9880	12168	22048

Tab.1.1 Orientační provozní náklady [3]

### 1.4. PATA-GUN

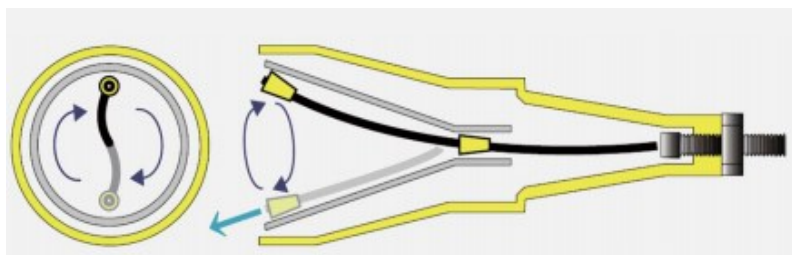
Jedná se o rotační trysku vytvářející rázovou vlnu tlakového vzduchu. Efektivní využití hlavně kvůli úspoře vzduchu tak i ofukovacího času. Má velkoplošný ofukovací rozsah a rotace rázové vlny je větší než 20 otáček za sekundu. V katalogu firmy MOS technik můžeme nalézt rozdělení na malou a velkou rotační trysku podle průměru trysky obr.1.11. [13]



Obr.1.11 PATA-GUN [14]

### 1.4.1. Princip funkce PATA – GUN

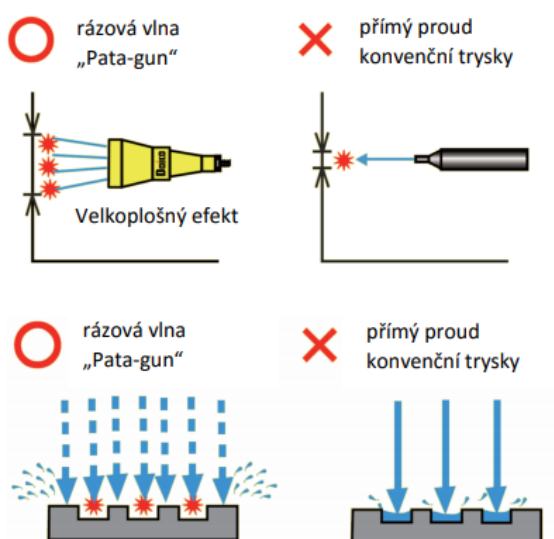
K rotaci trubky z měkkého polyuretanu společně s vnitřním rotačním tubusem dochází v momentu, kdy tryskou prochází proud stlačeného vzduchu. Silný dynamický efekt má zde vzniklá rázová vlna, která je vytvářena pomocí stlačeného vzduchu, který vyháčí z rotující trubky. [13]



Obr.1.12 Princip funkce PATA-GUN [13]

### 1.4.2. Aplikace v průmyslu

Na obr.1.13 může vidět, že v porovnání s konvenčními tryskami je pata – gun efektivnější, co se týče velkoplošného záběru ofukování. [13]



Obr.1.13 Porovnání Pata-gun s konvenční tryskou [13]

Pata – gun nalezne efektivního využití při čištění strojů, ofukování kapalin z průmyslových dílů nebo také očišťování či sušení různě složitě tvarovaných dílů. [13]

## 2. Úchopné hlavice

Ve výrobních oblastech se čím dál víc setkáváme s automatickou manipulací či přemisťování různých předmětů. Právě úchopné hlavice nazývaná také jako chapadlo, koncový manipulátor nebo koncový efektor robota, který slouží k uchopení těchto předmětů se zadanými parametry polohy, orientace, vzdálenosti, rychlosti, zrychlení apod. a následným jejím přemístěním. [15], [16]

### 2.1. Rozdělení úchopných hlavice

Úchopné hlavice lze rozdělit do jednoduché kategorie, a to podle funkce a jeho principu:

- Mechanické
- Magnetické
- Podtlakové

K jednotlivým kategoriím je možno přiřadit jak pasivní, tak i aktivní prvek, které jsou uvedeny v Tab.2.1.

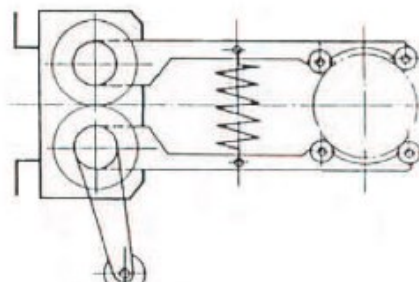
Mechanické	Pasivní	S pevnými a stavitelnými úchopnými prvky
		S pružnými úchopnými prvky
	Aktivní (poháněné)	Hydromotorem
		Pneumotorem
		Elektromotorem
		Elektromagnetem
Magnetické	Pasivní	Permanentními magnety
	Aktivní	S elektromagnety
Podtlakové	Pasivní	S přísavky
	aktivní	S Vývěvou
		S ejektorem

*Tab.2.1 Rozdělení podle pasivního a aktivního prvku u příslušné kategorie [15]*

Kombinace těchto prvků charakterizuje celkovou konstrukci efektoru, jelikož počet úchopných prvků a jejich rozmístění ovlivňuje velikost úchopné síly. Pasivní prvky tedy neumožňují regulovat úchopnou sílu. U aktivních tuto sílu můžeme měnit. [15], [16]

### 2.1.1. Mechanické pasivní manipulátory

Mechanické pasivní úchopné efekторы jsou nejjednoduššími úchopnými hlavice, které jsou pro mnohé manipulace dostačující. Manipulační hlavici je většinou hák, vidlice, čep, jednoduchá konstrukce čelistí, které lze vidět na obr.2.1. [15], [16]



Obr. 2.1 Mechanická úchopná hlavice – pasivní [16]

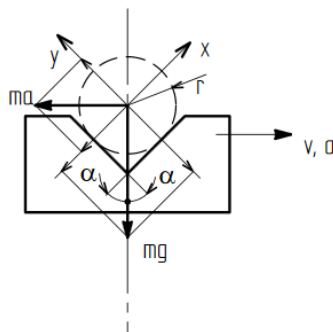
Pohony efektoru zde nahrazují motory robotů a jejich stupně volnosti. U některých těchto typů např. vidlice či hák přidržení předmětu zajišťuje gravitační síla, a proto zrychlení a zpomalení manipulace nemůže být příliš velké.

Z rovnosti klopného momentu vyvozeného setrvačným účinkem a přidržovacího momentu vyvozeného tíhovým účinkem vyplyne kritické zrychlení a podmínka bezpečnosti [15], [16]

$$m \cdot a_k \cdot \sin \cdot \alpha \cdot r \leq m \cdot g \cdot \cos \cdot \alpha \cdot r \quad (1)$$

$$a_k = g \cdot \cot \cdot g \cdot \alpha \quad (2)$$

$$a \leq a_k \quad (3)$$



Obr.2.2 Podmínka bezpečnosti pro aplikaci pasivního úchopného prvku [15]

## 2.1.2. Mechanické aktivní manipulátory

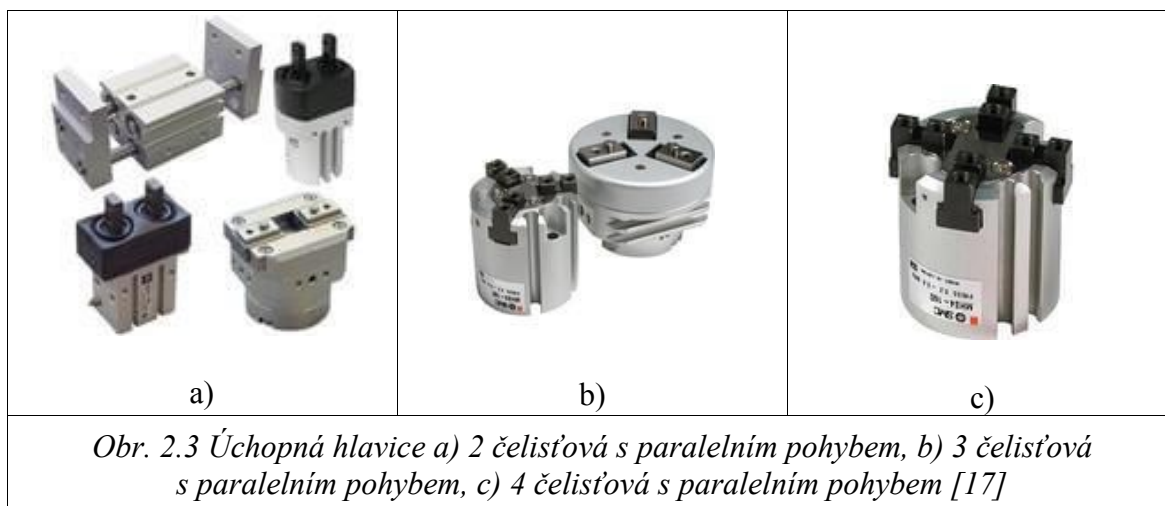
Jedná se o nejrozšířenější typ mechanických úchopných hlavic v dnešním průmyslu. Pohonem je zde elektromotor nebo přímočarý pneumatický motor, který ovládá čelisti přes převodový mechanismus. Tyto aktivní mechanické manipulátory dle pohybu dělíme do tří skupin [15], [19]:

- Paralelní
- Úhlová
- Radiální

Mezi nejznámější přední výrobce pneumatických úchopných hlavic patří právě firmy FESTO, SCHUNK, SMC, AVENTICS, SCHMALZ

### 2.1.2.1. Paralelní pneumatická úchopná hlavička

Hlavičky mají vedení čelistí uloženo buďto jako kluzné nebo valivé. Tyto hlavičky se vyznačují převážně tím, že jejich čelisti se pohybují paralelním pohybem v přímé dráze. U tohoto typu s rostoucí délkou čelistí nám klesá uchopovací síla, která není ve všech místech stejná. Firma SMC tyto typy hlavic vyrábí v několika variantách. [15], [16], [19]



### 2.1.2.2. Úhlová pneumatická úchopná hlavice

Tyto hlavice se převážně vyznačují tím, že pohyb čelistí je po křivočaré dráze. Hlavním parametrem je úhel rozevření čelistí na jednu čelist, která je různá podle typu úchopné hlavy a výrobce. Například firma SCHUNK uvádí úhel rozevření čelistí  $8^\circ$  až  $20^\circ$  tedy maximálního celkového rozevření  $40^\circ$  a firma SMC uvádí v katalogu úhel rozevření čelistí  $10^\circ$  až  $30^\circ$  tedy maximálního celkového rozevření  $60^\circ$ . Využití těchto hlav při potřebné manipulaci s cylindrickými předměty. [17], [18], [19]



*Obr. 2.4 čelist'ová s úhlovým pohybem [17]*

### 2.1.2.3. Radiální pneumatická úchopná hlavice

Tyto pneumatické úchopné hlavice nabízejí širší využití, jelikož mají větší rozevření čelistí než úchopné hlavice úhlové. Maximální celkový úhel rozevření je  $180^\circ$ . Tyto chapadla se vyrábí pouze jako dvou čelist'ové. Nevýhodou této úchopné hlavy je dostatečný prostor kolem uchopovaného předmětu. Převážně se využívají pro nabírání předmětů. [18], [19]



*Obr. 2.5 čelist'ová s radiálním pohybem [17]*



## 2.2. Rozdělení úchopných hlavice podle vnitřní konstrukce

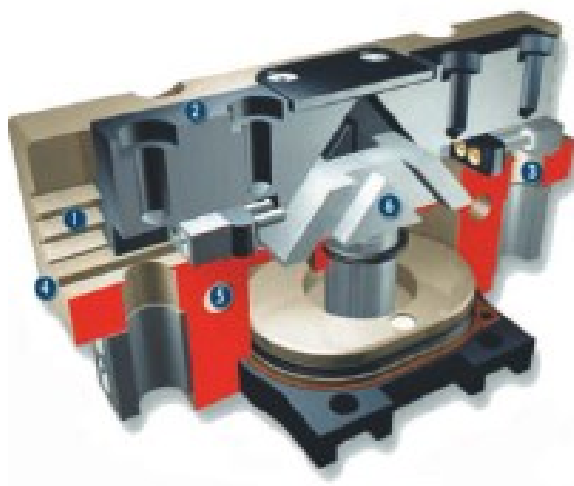
Již zmíněné úchopné hlavice používají různých typů konstrukce převodového mechanismu:

- Klínový
- Pákový
- Vačkový
- Ozubený
- Šroubový

Nejčastěji se využívá právě klínového, pákového nebo vačkového mechanismu u pneumatických úchopných hlav. Šroubové a ozubené konstrukce slouží převážně k synchronizaci čelistí. [18], [19]

### 2.2.1. Klínový převod

Je konstrukčně velmi jednoduchý. Na pístnici pneumotoru je přímo napojen klín. Aplikací stlačeného vzduchu do prostoru nad pístem dojde k tomu, že mezi základny čelistí se zasune klín a tím se čelisti otevřou. K uzavření čelistí se přivede proud stlačeného vzduchu pod píst. [18], [19]



*Obr. 2.6 Úchopná hlavice s klínovým převodem [18]*

### 2.2.2. Pákový převod

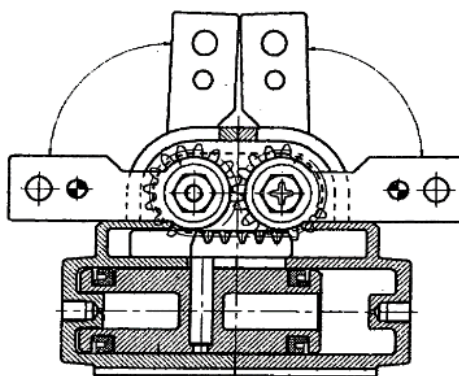
Tohoto převodu je využíváno jak u paralelních, tak úhlových úchopných hlavíc. Na konci pístnice pneumotoru je umístěn přenosový element, který slouží k přenosu pohonné energie přes soustavu pák na čelisti. [18], [19]



Obr.2.7 Úchopná hlavice s pákovým převodem [18]

### 2.2.3 Ozubený převod

U pneumatických úchopných hlavíc se využívá ozubeného hřebene a pastorku. Tedy pro každou čelist připadá jeden pneumotor, který ji ovládá. Součástí každé pístnice je právě ozubený hřeben a tyto hřebeny jsou v záběru s jedním pastorkem a tím je zaručena synchronizace pohybu. [18]



Obr.2.8 Úchopná hlavice se ozubeným převodem

### 2.2.4 Šroubový převod

Pomocí pohybového šroubu a matice je zde realizován pohyb čelistí. Matice převodu je připevněna k základnám čelistí a šroub převodu k elektromotoru. A tím dochází k transformaci rotačního pohybu na translační pohyb čelistí. [18]



*Obr.2.9 Úchopná hlavice se šroubovým převodem [18]*

## 2.3 Výhody a nevýhody mechanických úchopných s aktivním prvkem

### 2.3.1 Pneumatické pohony

Mezi jejich výhody patří jednoduchá konstrukce. Snadná dostupnost pohonného média stlačeného vzduchu. Tyto pneumatické hlavice mohou pracovat i v extrémních podmínkách (nebezpečí výbuchu, prašných prostředích i prostředích s vysokou teplotou. V porovnání s ostatními pohony mají nižší pořizovací náklady.

Nevýhodou těchto pohonů oproti jiným systémům je hlučnost a nutná filtrace přívodního vzduchu a také poměrně drahý provoz, jelikož výroba stlačeného vzduchu je dražší než výroba elektřiny. [18], [19]

### 2.3.2 Hydraulické pohony

Mezi hlavní výhody těchto pohonů patří velký měrný výkon a tím minimalizace rozměrů pohonu, avšak velkou nevýhodou je pořízení hydraulického agregátu, zajištění rozvodu kapaliny až k úchopné hlavici a případné znečištění pracoviště netěsnostmi v hydraulickém obvodu. [18], [19]

### 2.3.3 Elektrické pohony

Tyto pohony jsou výhodnější především z hlediska řízení pohybu a úchopné síly. Elektrické pohony mohou být nainstalovány v prostorech s čistým prostředím.

Nevýhodou těchto pohonů je že se nemůžou používat v prostředí s vysokou teplotou kde by hrozilo roztavení elektronických částí pohonu. Vyšší pořizovací cena z důvodu samostatné řídicí jednotky a senzorů. Tyto pohony mají složitější konstrukce z důvodu převedení rotačního na lineární pohyb a je nutné regulovat otáčky. U elektrických zařízení hrozí také nebezpečí úrazu elektrickým proudem. [18], [19]

## 2.3. Magnetická úchopná hlava

Magnetické úchopné hlavy jsou většinou používány pro manipulaci předmětů s malou hmotností a malými rozměry. Tyto hlavice mají jednoduchou konstrukci a vyrábějí se v provedení s permanentními magnety anebo elektromagnety které jsou napájeny stejnosměrným proudem.

### 2.3.1. Úchopná hlava s permanentním magnetem

Například Firma SCHUNK předvádí ve svém katalogu uchopovací hlavu, která může být použita jakémkoliv prostředí. Během uchopovací operace je na píst permanentního magnetu nepřetržitě přiveden stlačený vzduch.



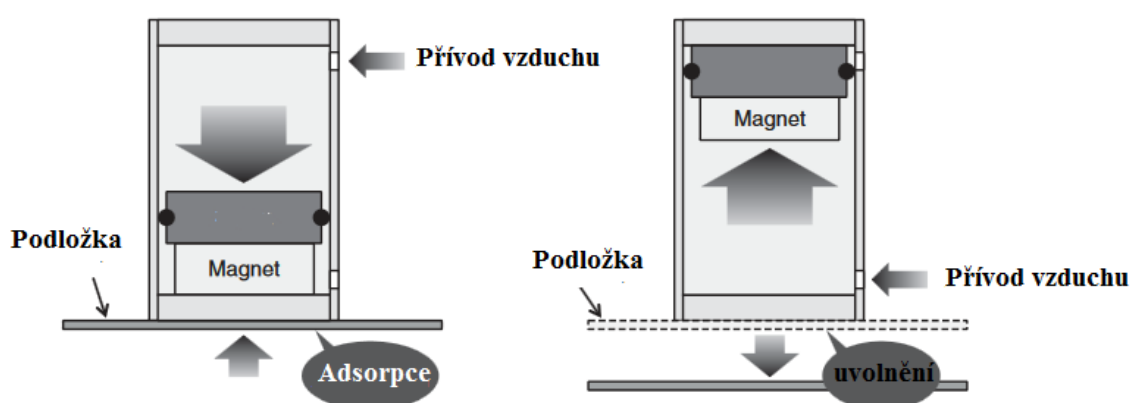
*Obr.2.10 Magnetická úchopná hlavy firmy SCHUNK typ GSW-M [18]*

Nebo také firma SMC nedávno do svých katalogů začlenila novou magnetickou úchopnou hlavici menších zástavbových rozměrů a s upínací silou až 80 N.



*Obr.2.11 Magnetická úchopná hlava firmy SMC typ MHM-X6400 [20]*

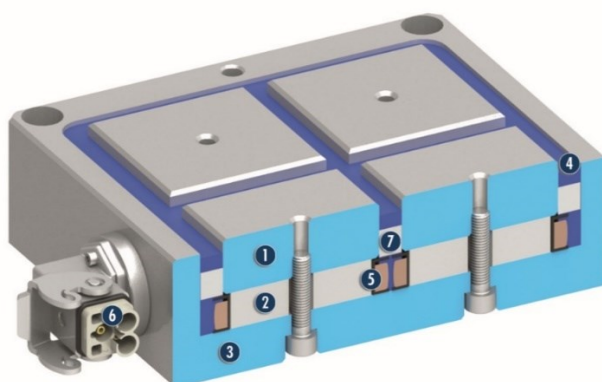
Princip této úchopné hlavice je obdobný jako u předchozí modelu firmy SCHUNK, kde pohonným médiem je stlačený vzduch. Na obr. 2.12 může vidět situaci kde na plechovou podložku byla přiložena tato úchopná hlava. Přívodem tlaku vzduchu do horní komory této hlavy se píst s magnet přemístí do spodní polohy, kde magnet přichytí plechovou podložku. V případě potřeby oddělení plechové podložky od magnetické hlavice se přivede tlak vzduchu do spodní komory a tím píst s magnetem se přemístí do horní pozice a tím přestane magnet působit na podložku a dojde tím k jejímu uvolnění.



*Obr.2.12 Princip funkce SMC typ MHM-X6400 [20]*

### 2.3.2 Úchopná hlava s elektromagnetem

Magnetický tok pro držení předmětu je generován magnety směsí hliníku, niklu a kobaltu (AlNiCo). Tento magnetický tok proniká ocelovými póly, projde neodymovými magnety v deaktivovaném stavu a uzavře magnetický obvod pomocí ocelového základního tělesa. K aktivaci systému je spuštěna proudem elektrického proudu cívkou, která odpovídá polaritě magnetů AlNiCo. Magnetický tok nemůže projít neodymovými magnety a musí procházet přes předmět do protilehlého pólu, což vytváří přídržnou sílu. Na obrázku č. jsem popsal konstrukci úchopné hlavy s elektromagnetem. Ocelové póly s vrtáním pro závit (1) slouží k přizpůsobení individuálnímu rozšíření pólů. Reverzibilní magnet AlNiCo (2) je obklopen magnetickou cívkou. Jednodílné základní těleso z oceli (3) je zde pro optimální vedení magnetického toku. K zabránění průniku kapaliny nebo třísek je zde Pottingovaná směs se syntetické pryskyřice (4). Pro střídání pólů magnetu AlNiCo jsou tyto magnety obklopeny cívkou mědi (5). K zajištění bezpečného připojení proudu je zde použit kabelový konektor firmy Harting (6). Provedení magnetického toku přes předmět jsou zde použity nepólové reverzní neodymové permanentní magnety (7) [18], [19]



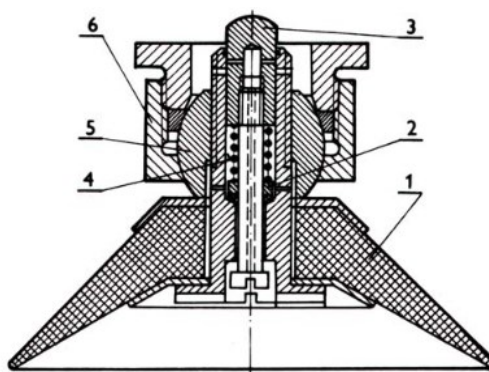
*Obr.2.13 Konstrukce elektromagnetu typu SCHUNK [18]*

## 2.4 Podtlakové úchopné hlavice

U těchto podtlakových úchopných hlavice také využíváme buďto pasivních nebo aktivních prvků. Pasivními úchopnými prvky jsou většinou přísavky, ale také jiné speciální prvky. Výhodou u těchto úchopných hlavice je dostupnost tlakového vzduchu, který je ve výrobních halách rozváděn v potrubích. U pasivních přísavek se deformuje pružná manžeta

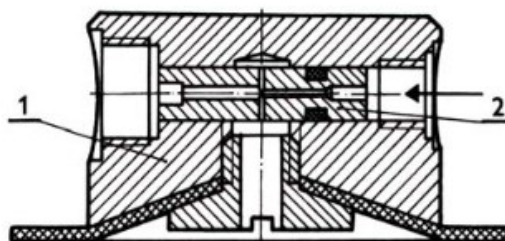
pomocí pohybu ramene robota či konstrukce manipulátoru a tím vytlačí vzduch z prostoru a vytvoří tak podtlak. Existují různé konstrukční typy přísavek, které jsou schopny udržet podtlak po celou dobu manipulace i na nerovném či znečištěném povrchu součástí. [15]

Spolehlivější jsou však přísavky s aktivním prvkem kde se vzduch vytlačuje nadzvednutím manžety. Manžeta (1) umožňuje vytlačit vzduch přepouštěcím ventilem (2) který se po sléze uzavře pružinou (4). Uvolněním objektu manipulace docílíme stlačením kolíku (3) a otevřením spojení s vnějším ovzdušným prostorem nad kulovým čepem (5) přes otvor ve šroubu. Sklonu povrchu se přísavka v tomto případě přizpůsobuje pomocí kulového čepu. [15]



*Obr.2.14 Obecný typ přísavky [15]*

Z praktických důvodů jsou více využívány aktivní prvky s vytvářením podtlaku nazývané ejektor. Vývěvy se využívají v provozu jen výjimečně. Konstrukčně je ejektor jednoduché zařízení obr.2.15. V nejužším místě se nazývaném dýza (2), je vyvolán podtlak pomocí průchodu stlačeného vzduchu, který využívá průchodu stlačeného vzduchu. Toto místo je propojené s prostorem pod manžetou. [15]

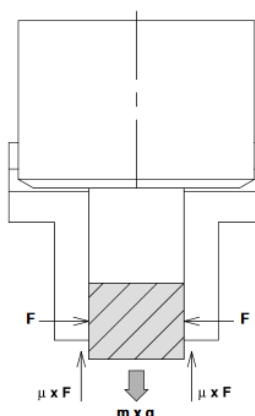


*Obr.2.15 Princip ejektoru [15]*

## 2.5 Úchopná síla

Je to síla, kterou je potřeba znát k uchopení předmětu a tím zajistit jeho bezpečné přemístění. Na velikost této síly působí hlavně dynamické vlivy. Pro jednoduchý příklad zde popíši zvolení úchopné síly pro úchopné hlavice paralelního pohybu MHS2-32 D od firmy SMC. [21]

Na obrázku je znázorněna úchopná hlavice s předmětem. Hmotnost přemísťované předmětu je 0,4 kg a předmět je uchycen dvěma čelistmi za vnější povrch. I když mezi předmětem a čelistí působí tření Tab.2.2 měli by se při výpočtech úchopné hlavice respektovat koeficienty bezpečnosti uvedené v Tab.2.3 [21]



Obr.2.16 Schéma příkladu úchopné hlavice MHS2-32 D [21]

Kombinace materiálů čelist/předmět	Součinitel tření	
	Suchý povrch	Mazaný povrch
ocel/ocel	0,15 -0,20	0,1
ocel/litina	0,18-0,20	0,1
ocel/bronz	0,18-0,25	-
kov/plast	0,20-0,30	-
ocel/teflon	0,05-0,25	-
plast/plast	0,25-0,40	-

Tab. 2.2 Součinitele tření  $\mu$  pro různé kombinace materiálů [21]

Počet čelistí	$\mu = 0,1$	$\mu = 0,2$
2	20x	10x
3	13x	7x
4	10x	5x

Tab. 2.3 Koeficienty bezpečnosti [21]

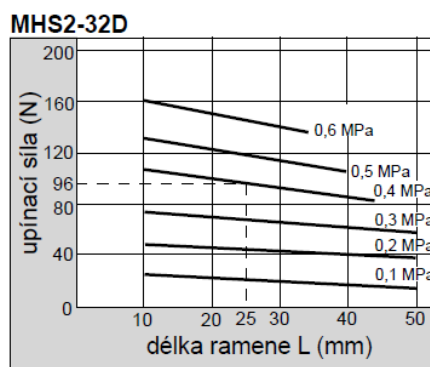


Mohou-li se vyskytnout při provozu velká zrychlení a rázy je třeba počítat s dalším koeficientem bezpečnosti. [21]

V našem případě se úchopná síla dle zadání vypočítá

$$F_{\text{ú}} = m \cdot g \cdot \mu = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 20 = 78,48 \text{ N} > \text{teoretická síla} \quad (4)$$

V katalogu firmy SMC pro tento typ úchopné hlavice nalezneme diagram pro zvolení správné velikosti hlavice obr. 2.17

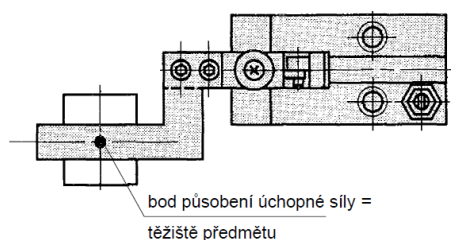


Obr. 2.17 Diagram volny velikosti hlavice MHS2-32 D [21]

Z diagramu lze odečíst, že jedna čelist úchopné hlavice typu MHS2D – 32 D vyvine při tlaku 0,4 MPa a délce ramene 25 mm úchopnou sílu  $F_{\text{ú}} = 96 \text{ N}$ .

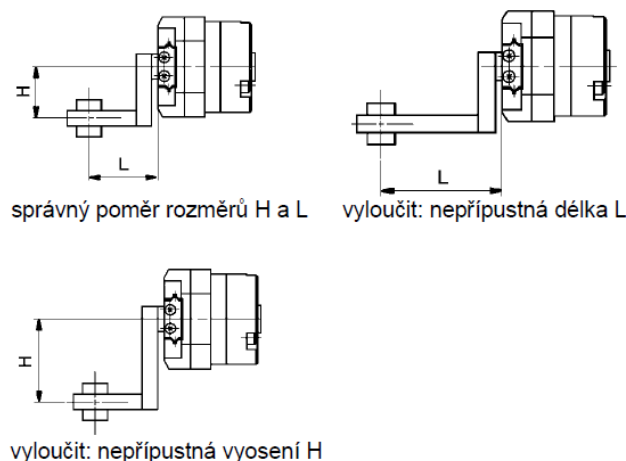
Upínací síla jedné zvolené čelisti úchopné hlavice je 24x větší než tíhová síla předmětu a zvolená hlavice na tím vyhovuje.

V těžišti manipulovatelného předmětu by měla, pokud možno vždy působit úchopná síla. Tím můžeme předejít nežádoucím přídatným silám a momentům.



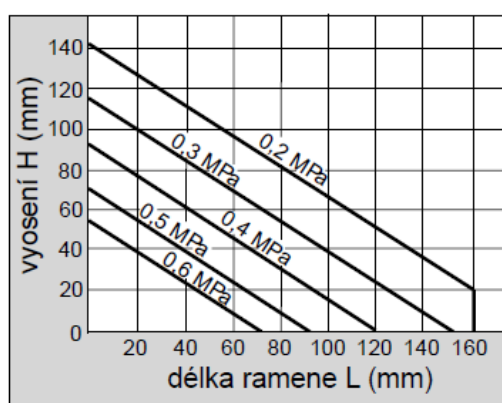
Obr. 2.18 Bod uchopení předmětu [21]

V některých případech může dojít k situaci kdy těžiště uchopení předmětu je mimo osu hlavice. Tedy bod působení úchopní síly a těžiště předmětu mohou ležet mimo osu úchopné hlavice pouze v určitém rozsahu, který je dán poměrem délky ramene čelisti k vyosení těžiště předmětu v závislosti na tlaku vzduchu pro daný typ úchopné hlavice obr. 2.19. Pokud dojde k porušení těchto doporučených údajů může to vést k poškození vedení a uložení čelistí. [21]



Obr. 2.19 Poměr délky ramene čelisti k vyosení těžiště předmětu [21]

Diagram pro stanovení poměru délky ramene k vyosení můžeme nalézt v katalogu výrobce pro zvolený typ a velikost úchopné hlavice kde odečteme pro příslušný tlak vzduchu  $p$  přípustný poměr délky ramene  $L$  k vyosení těžiště  $H$ . [21]

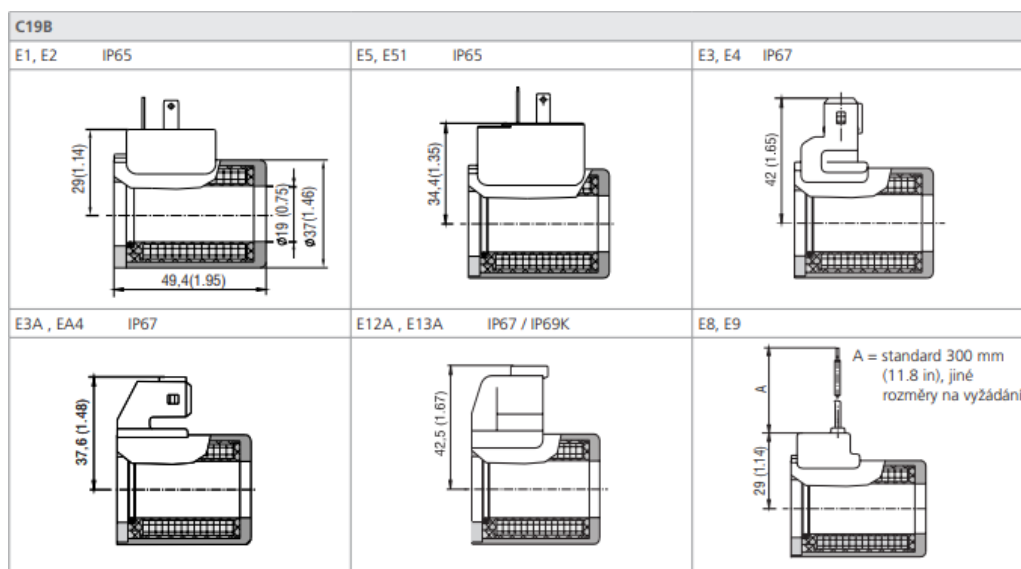


Obr. 2.20 Diagram pro stanovení poměru délky ramene  $L$  k vyosení těžiště  $H$  pro příslušný tlak vzduchu  $p$  [21]

### 3. Návrh pracovních prvků a postup čištění elektromagnetu

Cílem této práce je navrhnout zařízení pro čištění elektromagnetu. Čištění vnitřního prostoru a vnějšího pláště proběhne pomocí ofuku se stlačeným vzduchem. Součástí tohoto ofukovacího systému je také manipulační zařízení pro naložení a poté vyložení již očištěného elektromagnetu.

Jedná se o typ elektromagnetu C19 od výrobce firmy ARGO HYTOS s vnitřním průměrem  $d = 0,019$  m, váhou  $m = 0,24$  kg a různými typy konektorů, které ovlivňují celkovou velikost elektromagnetu obr. 3.1.



Obr.3.1 Rozměry elektromagnetu a typy připojovacích konektorů [22]

Zařízení pro finální čištění se skládá ze dvou hlavních částí:

- Ofukovací část
- Pohyblivá část

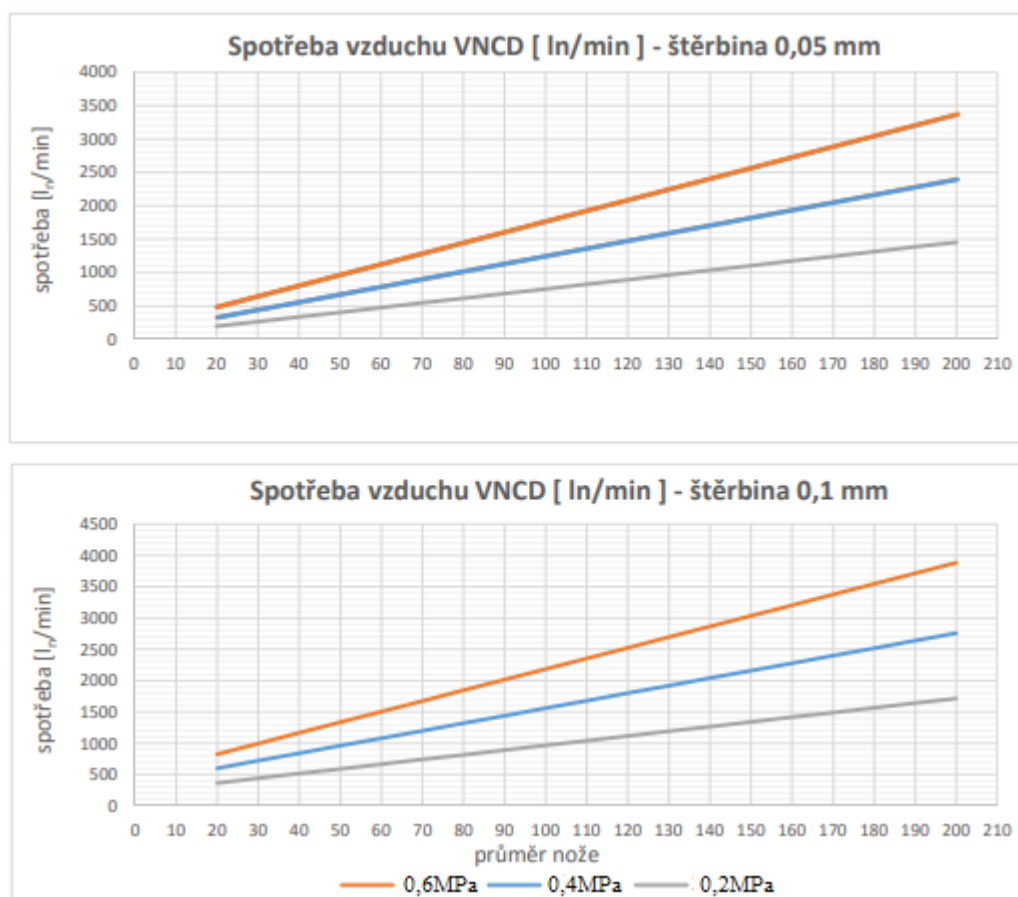
Ofukovací část provádí samotné ofukování pomocí stlačeného vzduchu a pohybová část nám pohybuje ofukovací částí a umožňuje tak celoplošné očištění elektromagnetu.

### 3.1 Ofukovací část

Vzhledem k tomu, že vnější zástavbové rozměry elektromagnetu jsou pokaždé jiné z důvodu různých typů připojovacích konektorů, jsem jako hlavní ofukovací část vnějšího pláště zvolil standartní vzduchový nůž kruhový dvoudílný série VNCD od firmy MOS Technik

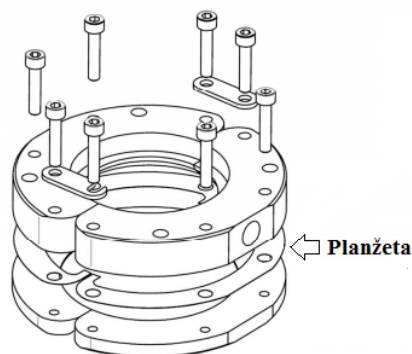
#### 3.1.1 Vzduchový nůž kruhový dvoudílný VNCD-AL-N-1000-102

Těleso nože je vyrobeno ze slitiny hliníku a bez povrchové úpravy nože. Na obr.4.1 můžeme vidět grafy pro porovnání spotřeby vzduchu při velikosti štěrbin 0,05 mm a 0,1 mm. Čím větší velikost této štěrbiny tím se zvětšuje proud vzduchu.



Obr.3.2 Porovnání spotřeby vzduchu podle tloušťky štěrbin [23]

Změnu velikosti štěrby provádíme pomocí doplnění planžet, které se dodávají v tloušťkách 0,05mm, 0,08mm. Kombinace planžet je libovolná podle potřeby.



Obr.3.3 Změna velikosti štěrby [23]

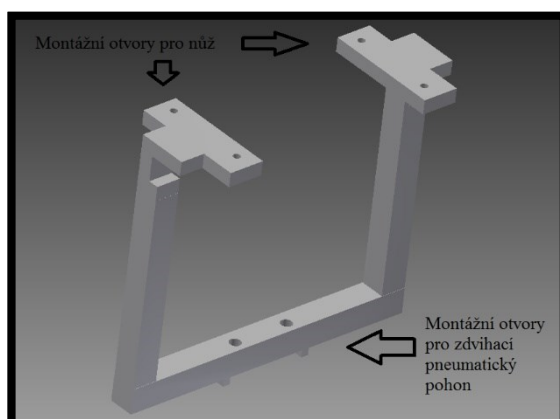
#### Základní parametry vzduchového nože:

- Maximální pracovní tlak 0,8 MPa
- Pneumatické připojení G 1/4“
- vnitřním průměrem 102 mm
- vnější průměr 162 mm

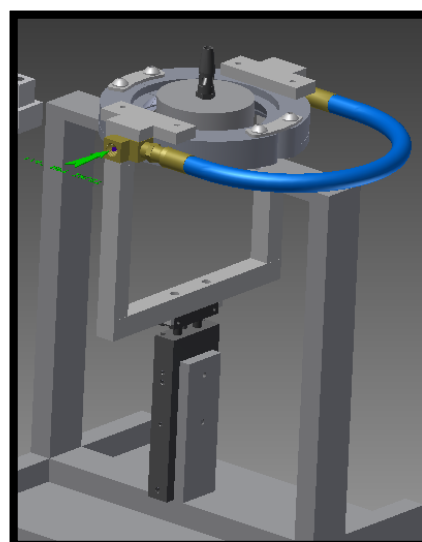


Obr.3.4 Dvoudílný kruhový vzduchový nůž [23]

K tomu noži jsem v programu Autodesk inventor professional 2014 nejprve vymodeloval konstrukci pro uložení tohoto kruhového vzduchového nože obr. 3.5, 3.6.



Obr.3.5 konstrukce uložení



Obr.3.6 Sestava ofukovací části

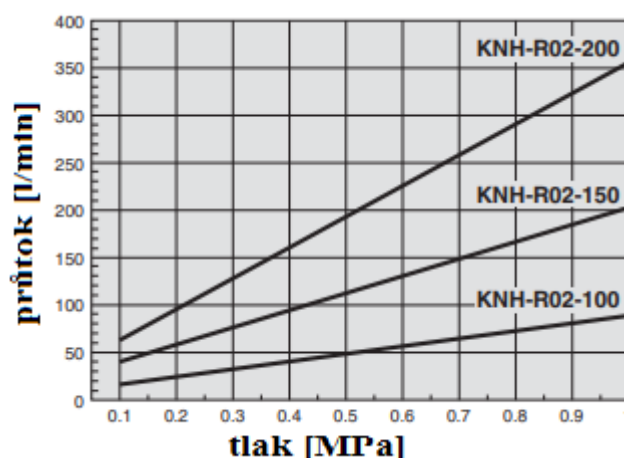
### 3.1.2 Vzduchová tryska KNH-R02-200

Tato vzduchová tryska u toho zařízení pro finální čištění bude sloužit k očištění vnitřního pláště elektromagnetu.



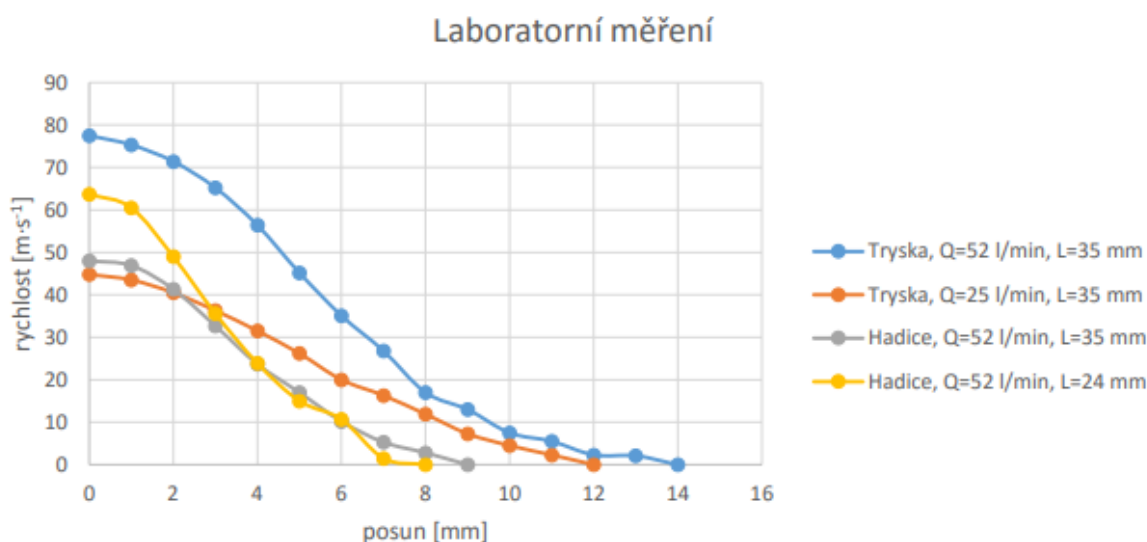
Obr.3.7 Vzduchová tryska KNH-R02-200 [2]

Vzduchové trysky můžeme nalézt v katalogu firmy SMC ve třech provedeních. Liší se pouze vnitřním průměrem (1, 1,5, 2 mm). Na obr. 3.8 je znázorněn graf s průtokovou charakteristikou v závislosti na tlaku jednotlivých trysek. Se zvětšující se vnitřním průměrem při konstantním tlaku se zvětšuje průtok vzduchu.



Obr.3.8 Průtoková charakteristika trysek KNH-R02 [2]

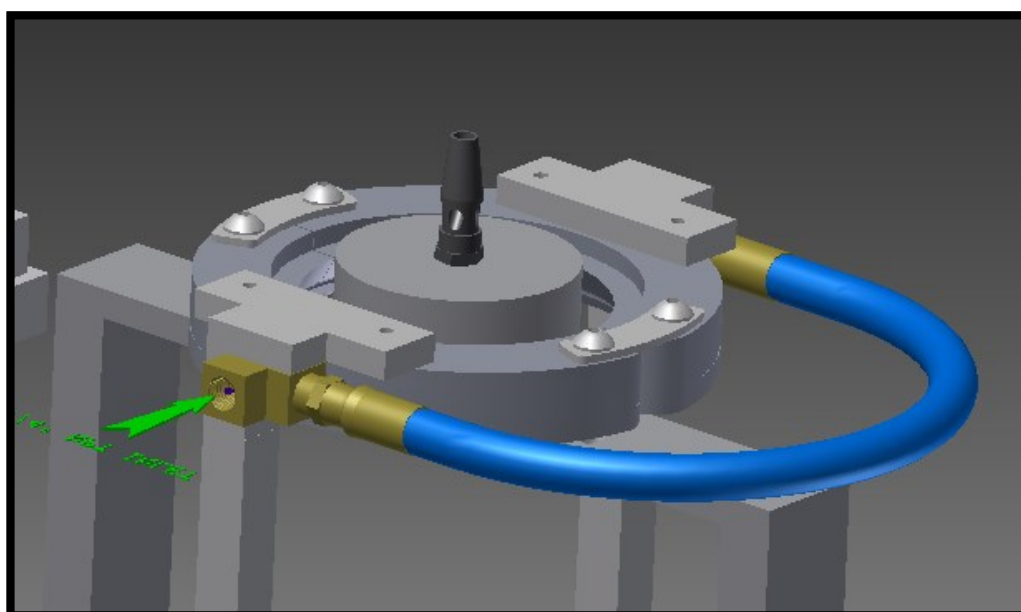
V bakalářské práci Petra Holíše byl měřen rychlostní profil této trysky s vnitřním průměrem 1,5 mm. Rychlostní profil byl měřen ve vzdálenosti 35 mm od trysky pomocí Prandtlovy trubice. Z měřeného grafu můžeme vidět, že při průtoku  $Q=52$  l/min vzduchu tryskou nám vznikne rádius rychlostního profilu až velikosti 28 mm. [25]



*Obr. 3.9 Graf rychlostní profilu vzduchové trysky [25]*

Vzhledem k tomu, že vnitřní průměr elektromagnetické cívky je 19 mm bude tato tryska pro naší aplikaci vhodná, jelikož dokáže pokrýt a očistit celý vnitřní prostor.

Tuto vzduchovou trysku jsem tedy aplikoval na základní konstrukci pohyblivé části, kde je pokládací prostor pro elektromagnet. Na obr.3.10 můžeme vidět vymodelovanou celkovou ofukovací část pro finální čištění elektromagnetu.



*Obr.3.10 Celková Ofukovací část zařízení pro finální čištění*

## 3.2 Pohyblivá část

Aby bylo možno elektromagnet očistit po celé délce vnější plochy je potřeba ofukovací část uvést do vertikálního pohybu. Tohoto jsem docílím tak, že pod tuto základní konstrukci ofukovací části jsme aplikovali pneumatický motor s lineárním vedením proti pootočení.

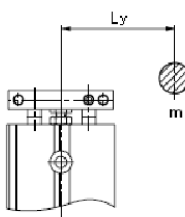
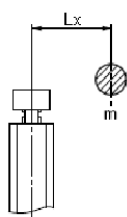
### 3.2.1 Pneumatický pohon CXSM15-80-CXSM

Pro aplikaci vertikálního pohybu byl použit pneumatický motor firmy SMC s označením CXSM15-80-CXSM obr.3.11, který jsem navrhl pomocí konfigurátoru od společnosti SMC.



Obr.3.11 Pneumatický motor série CXS [24]

Do konfigurace tohoto programu jsem navolil nejprve způsob uchycení toho pneumatického pohonu a dále nadefinoval jeho vstupní parametry.



Mounting orientation: Vertical mounting  
 Part number: CXSM15  
 Operating pressure: 0,60MPa  
 Stroke: 80mm  
 Mean piston velocity: 100,00mm/s  
 Load weight: 2,30kg  
 Overhang:  
     Lx: 14,00mm  
     Ly: 0,00mm

Obr.3.12 Vstupní parametry konfigurátoru SMC

Tento výpočetní program mi dále udělal celkové vyhodnocení a mnou navržený pneumatický pohon potřebné aplikaci vyhovuje.



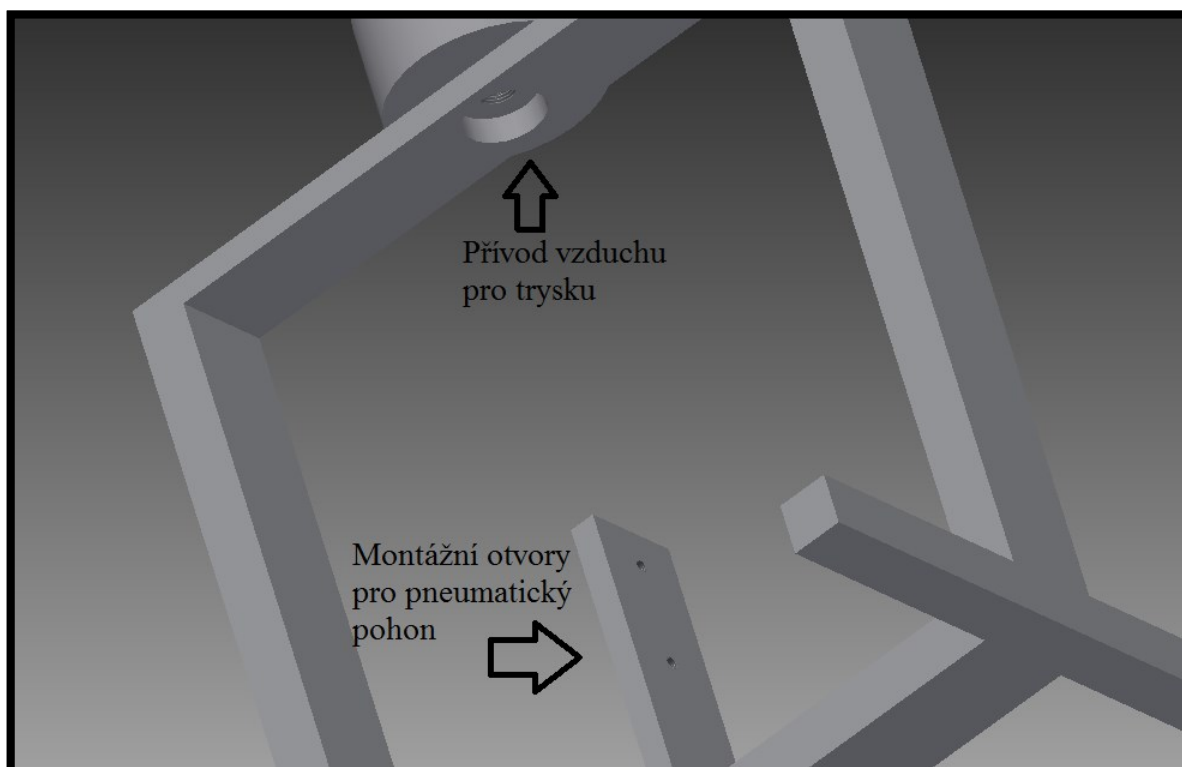
Name	Unit	Calculate results	Tolerance	Judgment
Operating pressure	MPa	0,60	0,10~0,70	Within range
Collision piston speed	mm/s	140,00	30,00~700,00	Within range
Load weight	kg	2,30	0,00~2,51	Within range

*Obr.3.13 Výsledné kontrolní výpočty konfigurátoru SMC*

### **Základní parametry pneumatického pohonu**

- Zdvih 80 mm
- Průměr pístu 15 mm
- Maximální pracovní tlak 0,7 MPa

Nejprve jsem vymodeloval konstrukci pro uložení pneumatického motoru a základní podstavu pro vzduchovou trysku a elektromagnet obr.3.14. Na obrázku můžeme vidět montovací otvory pro pneumatický pohon a díru pro přívod vzduchu na vzduchovou trysku.

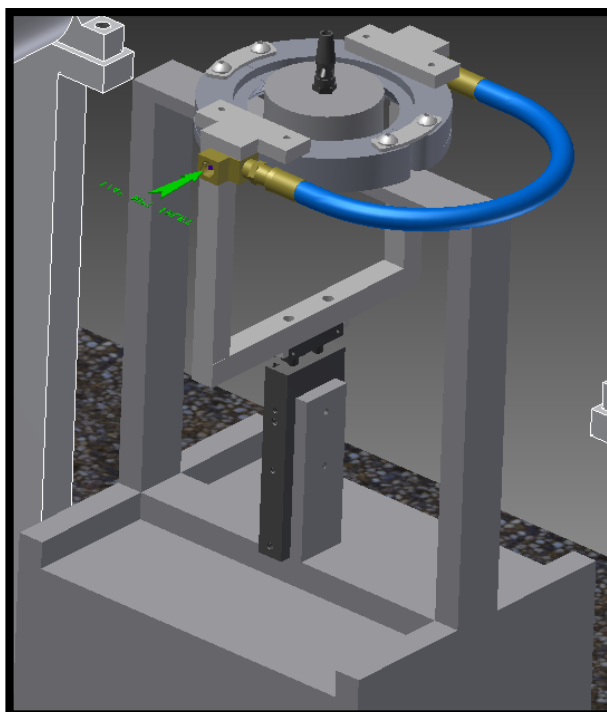


*Obr.3.14 Základní konstrukce s montážními otvory*

### 3.3 Postup čištění elektromagnetu

V této podkapitole se zaměřím na postup čištění elektromagnetu a dalších následujících kapitolách popíši návrh konstrukce manipulátoru a jeho vhodné pracovní prvky a dále specifikuji prvky elektropneumatického obvodu.

Proces čištění finálního výrobku tedy již zmíněného elektromagnetu začíná ve chvíli, kdy manipulátor nakládá elektromagnet na hlavní podstavu s tryskou. V té chvíli spíná elektromagnetický 3/2 ventil a přivádí tak tlak vzduchu na středovou trysku. Manipulátor pokládá elektromagnet na hlavní podstavu a zároveň tak středová tryska očišťuje jeho vnitřní prostor. Nakládací manipulátor se vrací do výchozí pozice. Pokud je manipulátor ve výchozí pozici, přivede se signál na další 3/2 ventil a přivádíme tak tlak vzduchu na dvoudílný kruhový nůž. Zároveň se spíná i 5/2 ventil pneumatického pohonu. Tento pneumatický pohon nám tedy zvedá konstrukci s dvoudílným kruhovým nožem a ten nám očistí elektromagnet po celé vnější ploše. Poté přerušíme signál na 5/2 ten se přestaví do původní polohy a pneumatický pohon sjíždí dolů do výchozí polohy. K odebrání elektromagnetu z hlavní podstavy s tryskou slouží druhý vykládací manipulátor. Na obr.3.15 můžeme vidět celkovou konstrukci zařízení pro finální čištění.



*Obr.3.15 Celková koncepce finálního zařízení pro finální čištění*

## 4. Návrh konstrukce manipulátoru a vhodných pracovních prvků

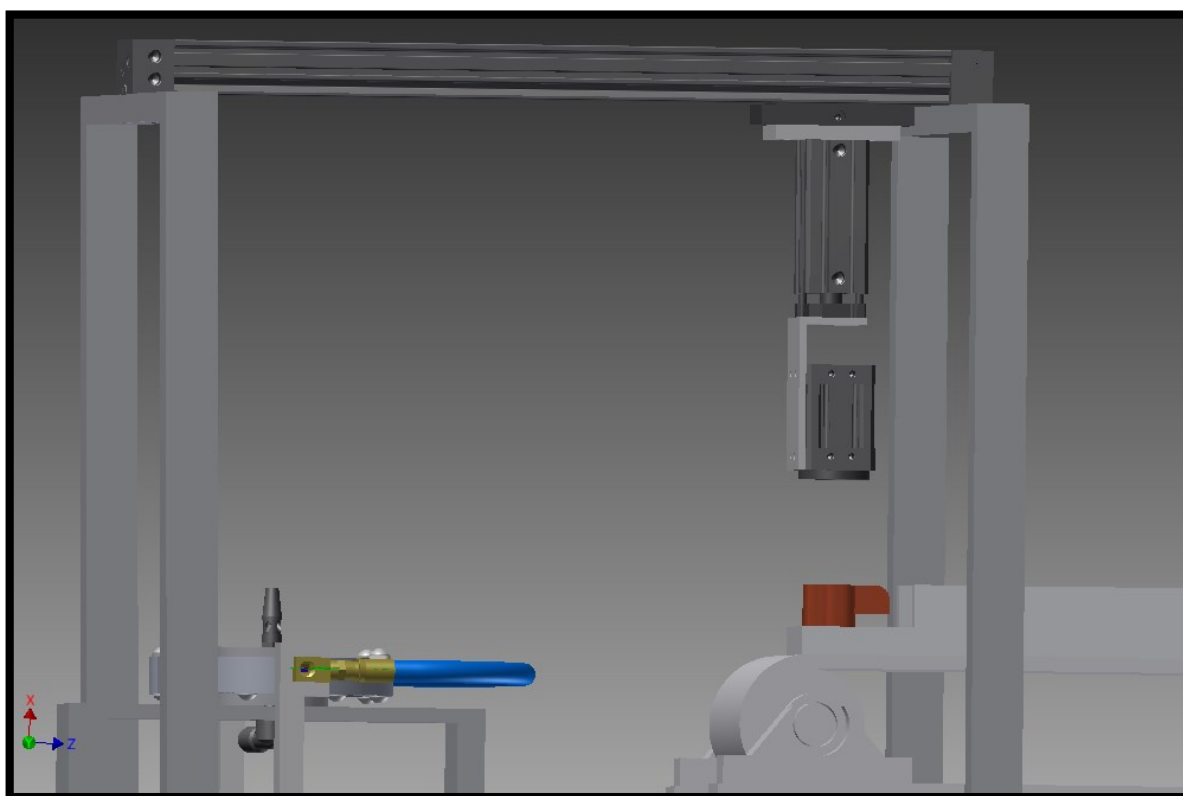
Celkovou manipulační konstrukci pro přepravu elektromagnetu rozdělují do dvou částí:

- Nakládací část
- Vykládací část

### 4.1 Nakládací část

Tato část manipulační konstrukce slouží k odebrání elektromagnetu z dopravníku a bezpečném a klidném přepravení na základní desku ofukovacího zařízení.

Pro tento způsob přepravy jsem zvolil dvou pneumatických pohonů a magnetické úchopné hlavice firmy SMC.



*Obr.4.1 Nakládací manipulační zařízení pro elektromagnetickou cívku*

### 4.1.1 Magnetická úchopná hlavice MHM-32D1-X6400

Při návrhu této úchopné hlavice je nutné uvažovat z hmotnosti přepravovaného tělesa (elektromagnetu)  $m = 0,24 \text{ kg}$  a zjistit minimální úchopnou sílu, zda magnetická hlava toto těleso udrží. To zjistíme pomocí Newtonova vztahu:

$$F = m \cdot g \quad (5)$$

$$F = 0,24 \cdot 9,81$$

$$F = 2,4 \text{ N}$$

Z katalogu firmy SMC jsem tedy zvolil magnetickou úchopnou hlavici s přidržovací úchopnou silou  $F = 80 \text{ N}$ .

#### Základní parametry magnetické úchopné hlavice MHM-32D1-X6400

Pracovní tlak: 0,25 – 0,6 MPa

Teplota prostředí: -10 do 60 °C

Úchopná síla: 30 N

Hmotnost: 0,475 kg



Obr.4.2 Magnetická úchopná hlavice série MHM [27]

### 4.1.2 Pneumatický pohon CDQMB32TF -75

V konstrukčním návrhu zařízení je nutné elektromagnet zvednout z dopravníku a položit jej na čistící zařízení. Použil jsem tedy kompaktní pneumatický pohon s vodícími tyčemi proti pootočení. Pro správné zvolení typu pneumatického pohonu jsem provedl výpočet zvedací síly na mezikruží.

#### Výpočet zatěžující síly:

$m_{\text{elektromagnetu}} = 0,240 \text{ kg}$

$m_{\text{úchopné hlavice}} = 0,475 \text{ kg}$

$$m_{\text{držák}} = 0,261 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g \quad (6)$$

$$F_z = (m_{\text{elektromagnetu}} + m_{\text{úchopné hlavice}} + m_{\text{držák}}) \cdot g$$

$$F_z = (0,240 + 0,475 + 0,261) \cdot 9,81$$

$$F_z = 0,976 \cdot 9,81$$

$$F_z = 9,6 \text{ N}$$

**Výpočet maximální zdvihací síly na mezikruží pneumatického pohonu:**

$$p = \frac{F_p}{S} \quad (7)$$

$$F_p = p \cdot S$$

$$F_p = p \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)$$

$$F_p = 600000 \cdot 3,14 \cdot (0,032^2 - 0,016^2)$$

$$F_p = 1446,9 \text{ N}$$

Mnou navržený pneumatický pohon pro zařízení vyhovuje. Jelikož síla  $F_p$  je mnohem větší než síla  $F_z$ . Mohli bychom tedy použít pneumatický pohon s menším průměrem, ale podle katalogu SMC se pneumatický pohon s potřebným zdvihem a menším průměrem nevyrábí.

**Základní parametry pneumatického pohon CDQMB32TF -75:**

Průměr pístu: 32 mm

Zdvih pístu: 75 mm

Max. pracovní tlak: 1MPa

Teplota prostředí: -10 °C do 60 °C

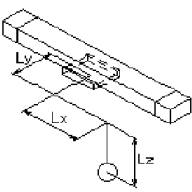


*Obr. 4.3 Pneumatický pohon série CDQ [27]*

### 4.1.3 Bezpístnicový pohon MY1B25TFG – 400Z

Tohoto pohonu jsem použil pro přemístění z dopravníku na čistící zařízení a poté na přemístění již očištěného elektromagnetu na odkládací dopravník. Pro zvolení správného typu bezpístnicového pohonu jsem využil rovněž konfiguratoru firmy SMC.

Do toho konfiguratoru jsem nejprve zvolil způsob uchycení bezpístnicového pohonu a dále navolil vstupní parametry jako pracovní tlak, zdvih pohonu a hmotnost přepravované zátěže. Dále byla možnost navolení tlumení v koncových polohách.

<p>Mounting orientation</p>  <p>Ceiling mounting</p>	<p>Input condition</p> <p>Mounting orientation: Ceiling mounting  Part number: MY1B20  Operating pressure: 0.60MPa  Stroke: 400mm  Mean piston velocity: 100.00mm/s  load mass: 1.80kg</p> <p>Terminal buffering mechanism:  Left: Air cushion  Right: Air cushion</p> <p>Mounting load center of gravity position:  Lx: 0.00mm  Ly: 0.00mm  Lz: 144.00mm</p>
---	---

Obr. 4.4. Vstupní hodnoty konfiguratoru SMC

Na základě mnou stanovených vstupních podmínek nám program provedl analýzu a vytvořil tabulku s tolerancemi ze kterých jde viditelně poznat, že pneumatický pohon pro zařízení vyhovuje.

Name	Unit	Calculate results	Tolerance	Judgment
Operating pressure	MPa	0.600	0.100~0.800	Within range
Mean piston velocity	mm/ s	100.000	100.000~714.286	Within range
Load weight	kg	1.800	0.00~4.200	Within range
Static Moment M1	Nm	0.000	0.00~5.000	Within range
Static Moment M2	Nm	0.000	0.00~0.600	Within range
Static Moment M3	Nm	0.000	0.00~1.500	Within range
Dynamic Moment M1E	Nm	1.185	0.00~5.000	Within range
Dynamic Moment M3E	Nm	0.000	0.00~1.500	Within range
Load factor	--	0.666	0.00~1.000	Within range
Absorption energy(left)	J	0.018	0.00~1.100	Within range
Absorption energy(right)	J	0.018	0.00~1.100	Within range

Obr. 4.5 Vyhodnocení pneumatického pohonu pomocí konfiguratoru firmy SMC

**Základní parametry bezpístnicového pohonu pohon MY1B25TFG – 400Z:**

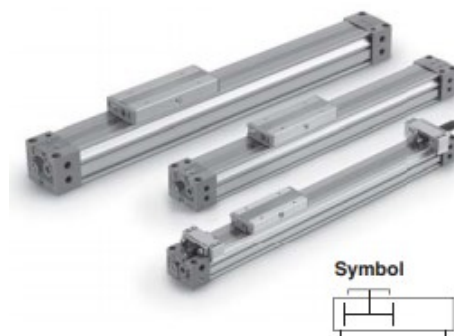
Průměr pístu: 25 mm

Pracovní tlak: 0,1 -0,8 MPa

Zdvih pístu: 400 mm

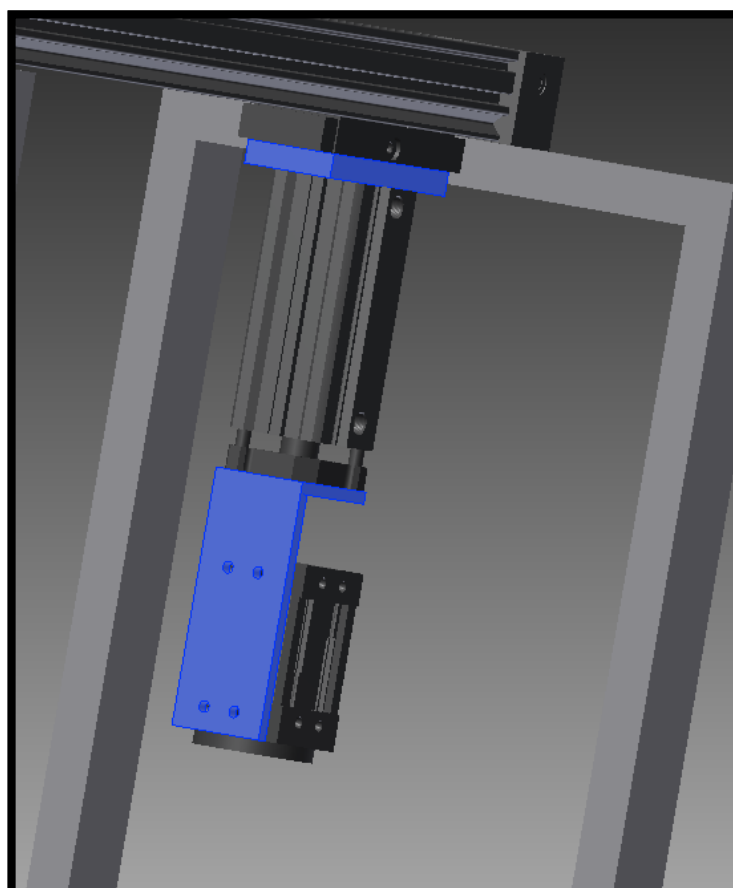
Tlumení: Vzduchové tlumení

Teplota prostředí: 5-60 °C



*Obr. 4.6 Bepístnicový pohon série MY1B [27]*

Pro uchycení pneumatických pohonů mezi sebou byla použita a vymodelována redukční deska a držák vyznačených modrou barvou na obrázku 4.7.

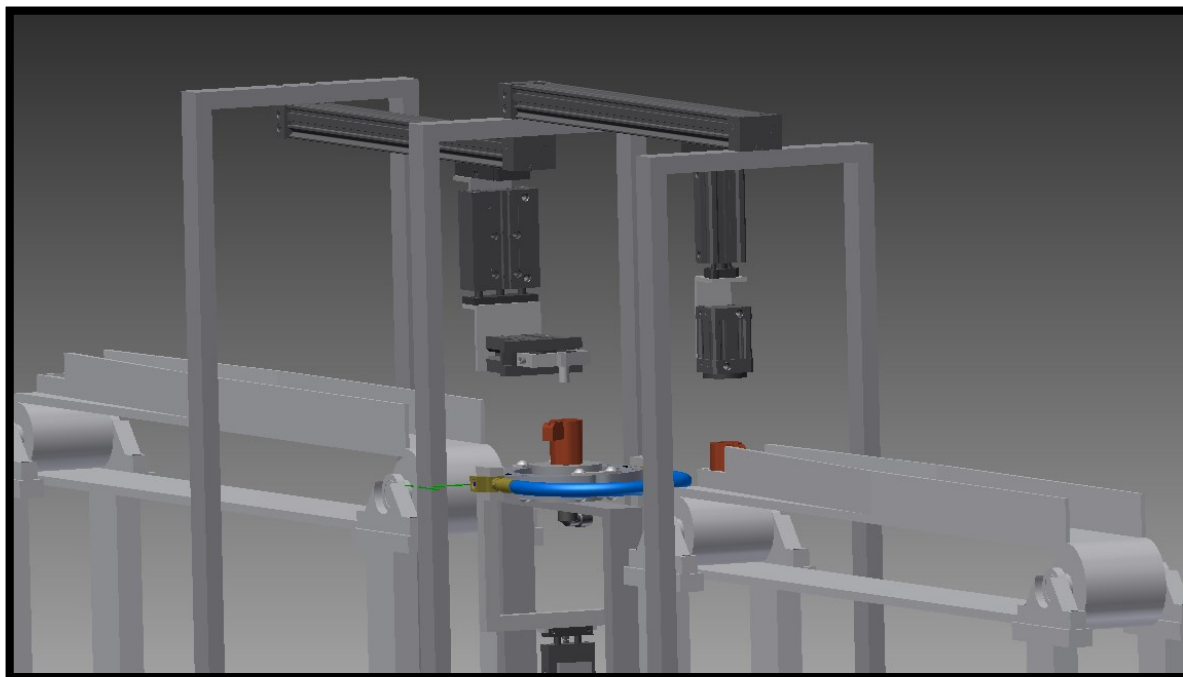


*Obr. 4.7 Uchycení pneumatických pohonů pomocí desky a držáku*

## 4.2 Vykládací část

Tato část manipulační konstrukce slouží k odebrání elektromagnetu z čistícího zařízení a bezpečném a klidném přepravení na koncový dopravník.

Pro tento způsob přepravy jsem zvolil dvou pneumatických pohonů a úchopné hlavice s paralelní pohybem se dvěma čelistmi.



*Obr. 4.8 Vykládací manipulační zařízení pro elektromagnetickou cívku*

### 4.2.1 Manipulační hlavice

Jelikož má elektromagnet na obvodu pláště připojovací konektory, které se mohou vždy nacházet v různých pozicích. Použil jsem tedy systému paralelní manipulační hlavice, který elektromagnet úchopní za vnitřní průměr. Na webových stránka firmy SMC jsem rovněž našel konfigurátor těchto úchopných hlavice, kde jsem nadefinoval vstupní podmínky a rozměry hlavního upínacího bodu.



## Vstupní data

Paralelní pohyb  $\Rightarrow$  2 čelisti  $\Rightarrow$  Vnější úchopení  $\Rightarrow$  Provedení s valivým vedením

**Pracovní tlak:** 0,60 MPa

**Rozevření/sevření čelistí (obě strany):** 4 mm

**Hmotnost břemene m:** 0,240 kg

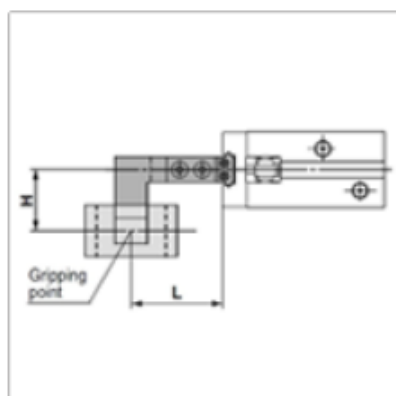
**Koeficient tření  $\mu$ :** 0,1

**Upínací bod L:** 52 mm

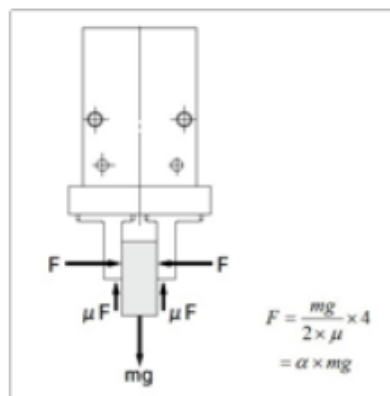
**Přesah H:** 25 mm

**Kryt proti prachu:** Bez krytu proti prachu

**Magnet:** S magnetem (snímač polohy lze namontovat)



Upínací bod L a Přesah H



Požadovaná upínací síla F

Obr.4.9 Vstupní hodnoty paralelní manipulační hlavice v konfigurátoru firmy SMC

Konfigurátor SMC mi nabídl pro mou variantu dvě manipulační hlavice. Vybral jsem tedy manipulační hlavici typu MHZ2-32 C.

### Základní parametry pneumatické manipulační hlavice MHZ2-32 C

Průměr pístu: 32 mm

Teplota prostředí: -10 °C do 60 °C

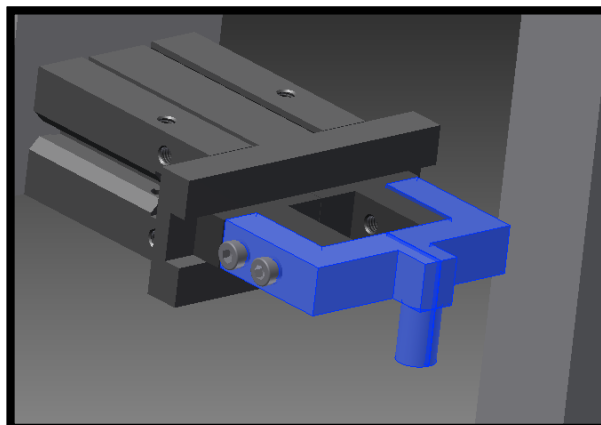
Pracovní tlak: 0,1 do 0,7 MPa

Hmotnost: 0,760 kg



Obr. 4.10 Paralelní manipulační hlavice MHZ2 [27]

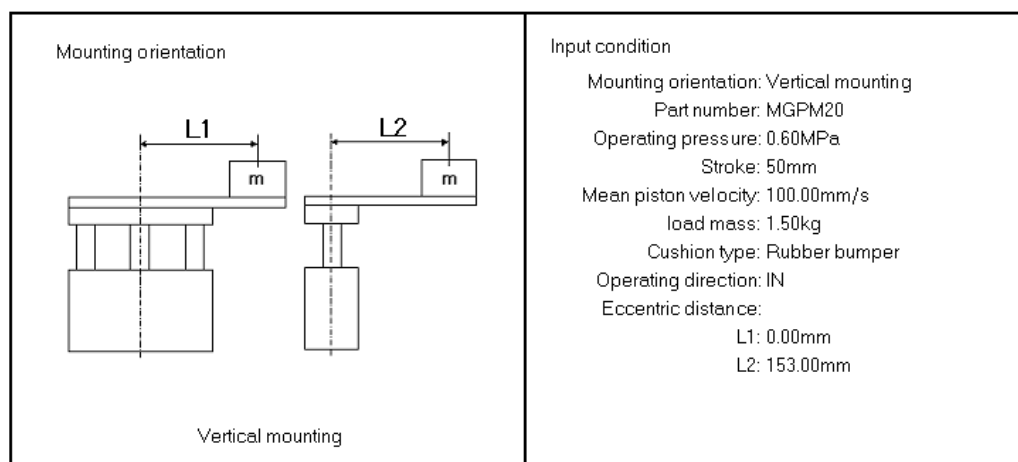
Pro manipulační hlavici bylo nutné taky vymodelovat úchopné prvky. Pomocí těchto úchopných prvků můžeme uchopit elektromagnet za vnitřní průměr.



*Obr.4.11 Uchopovací prvky manipulační hlavice*

#### 4.2.2. Pneumatický pohon MGP

Tohoto pohonu jsem využil pro vyzdvižení elektromagnetu z ofukovacího zařízení a poležení něj na koncový dopravník. Vzhledem k tomu že se na ofukovacím zařízení nachází již pneumatický pohon od nakládacího manipulátoru využil jsem tedy vyosení a konfigurátoru. Navolil jsem tedy vstupní parametry a vyosení  $L_2=153$  mm. Ve výpočtech je uvažováno se vzdálenosti od osy pneumatického válce k ose uchopení elektromagnetické cívky. Pokud by bylo uvažováno o celkovém těžišti bude pneumatický válec nadále vyhovující pro zařízení, jelikož vzdálenost  $L_2$  bude menší.



*Obr. 4.12 Vstupní hodnoty v konfigurátoru SMC*

Na základě stanovených vstupních podmínek nám program provedl výpočty a vytvořil tabulku s tolerancemi, ze kterých jde viditelně poznat, že pneumatický pohon pro zařízení vyhovuje.

Name	Unit	Calculate results	Tolerance	Judgment
Operating pressure	MPa	0.600	0.100~1.000	Within range
Collision piston speed	mm/s	140.000	50.000~500.000	Within range
Kinetic energy	J	0.019	0.00~0.110	Within range
Load weight	kg	1.500	0.00~7.213	Within range
Moment	Nm	2.249	0.00~3.570	Within range

*Obr. 4.13 Vyhodnocení pneumatického pohonu pomocí konfigurátoru firmy SMC*

#### **Základní parametry pneumatického pohonu MGPM20:**

Průměr pístu: 32 mm

Maximální pracovní tlak: 1 MPa

Teplota prostředí: -10 do 60 °C

Rychlost pístu: 50 do 500 mm/s

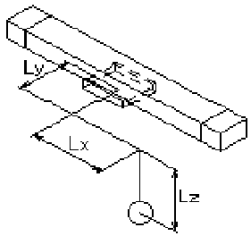


*Obr.4.14 Pneumatický pohon série MGPM [27]*

#### **4.2.3 Bezpístnicový pohon MY1B25TFG – 400Z**

Pro přemístění elektromagnetu z čistícího zařízení jsem zde použil stejný typ bezpístnicového pohonu jako u předchozí manipulace. Pro zvolení správného typu bezpístnicového pohonu jsem využil rovněž konfigurátoru firmy SMC.

Do toho konfigurátoru jsem nejprve zvolil způsob uchycení bezpístnicového pohonu a dále navolil vstupní parametry jako pracovní tlak, zdvih pohonu a hmotnost přepravované zátěže. Dále byla možnost navolení tlumení v koncových polohách a nutné navolení vyosení.

<p>Mounting orientation</p>  <p>Ceiling mounting</p>	<p>Input condition</p> <p>Mounting orientation: Ceiling mounting  Part number: MY1B25  Operating pressure: 0.60MPa  Stroke: 400mm  Mean piston velocity: 100.00mm/s  load mass: 3.00kg</p> <p>Terminal buffering mechanism:  Left: Air cushion  Right: Air cushion</p> <p>Mounting load center of gravity position:  Lx: 90.00mm  Ly: 0.00mm  Lz: 133.00mm</p>
---	--

Obr. 4.15 Vstupní hodnoty v konfigurátoru SMC

Na základě stanovených vstupních podmínek nám program provedl výpočty a vytvořil tabulku s tolerancemi. Z obrázku 4.16 jde viditelně poznat, že výsledné výpočty se pohybují v tolerancích, a tedy mnou zvolený pneumatický pohon pro zařízení vyhovuje.

Name	Unit	Calculate results	Tolerance	Judgment
Operating pressure	MPa	0.600	0.100~0.800	Within range
Mean piston velocity	mm/s	100.000	100.000~714.286	Within range
Load weight	kg	3.000	0.00~5.800	Within range
Static Moment M1	Nm	2.646	0.00~10.000	Within range
Static Moment M2	Nm	0.000	0.00~1.200	Within range
Static Moment M3	Nm	0.000	0.00~3.000	Within range
Dynamic Moment M1E	Nm	1.825	0.00~10.000	Within range
Dynamic Moment M3E	Nm	0.000	0.00~3.000	Within range
Load factor	--	0.964	0.00~1.000	Within range
Absorption energy(left)	J	0.029	0.00~1.600	Within range
Absorption energy(right)	J	0.029	0.00~1.600	Within range

Obr. 4.16 Vyhodnocení pneumatického pohonu pomocí konfigurátoru firmy SMC

**Základní parametry bezpístnicového pohonu MY1B25TFG – 400Z:**

Průměr pístu: 25 mm

Pracovní tlak: 0,1 -0,8 MPa

Zdvih pístu: 400 mm

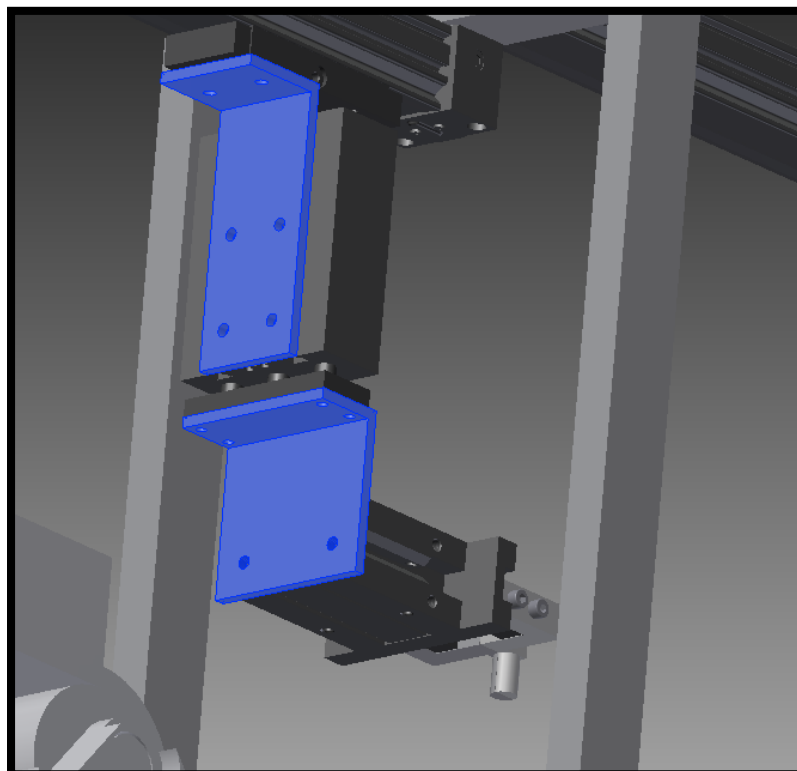
Tlumení: Vzduchové tlumení

Teplota prostředí: 5-60 °C



*Obr.4.17 Bepístnicový pohon série MY1B [27]*

Pro uchycení pneumatických pohonů mezi sebou byla použito dvou vymodelovaných držáků vyznačených modře na obrázku 4.18.



*Obr. 4.18 Uchycení pneumatických pohonů pomocí držáků*

Hlavní konstrukce, na které jsou umístěny pneumatické bezpístnicové pohony je provedena z hliníkových profilů a je spojena pomocí hliníkových příček. Na tuto konstrukci je pak dále nainstalováno ochranné sklo z důvodu bezpečnosti.

## 5. Specifikace prvků elektro-pneumatického obvodu

V předchozích kapitolách jsme si určili potřebné prvky pro ofukování a přenos elektromagnetu. V této kapitole popíši a specifikuji nezbytné součásti elektro – pneumatického obvodu jako jsou ovládací a regulační prvky.

### 5.1 Úprava stlačeného vzduchu AW40-F04H-A-G46-10-01

Jelikož je potřeba do vzduchového obvodu zajistit potřebný průtok vzduchu použil jsem tedy jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu s nastavitelnou regulací tlaku 0,05 až do 0,7 MPa a manometrem od firmy SMC a pokud možno co největším průtokem vzduchu.

Teplota prostředí: -5 do 60 °C

Maximální pracovní tlak: 1 MPa

Filtr: 5 µm

Průtok vzduchu = 3000 l/min



*Obr.5.1 Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu [28]*

### 5.2 Odvzdušňovací ventil VHS

Jako bezpečnostní prvek pro odstavení obvodu od vzduchu je v obvodu použit VHS40-04 ventil firmy SMC.

Pracovní tlak: 0,1 do 1 MPa

Pracovní prostředí: -5 do 60 °C

Hmotnost: 0,247 kg

Průtok vzduchu = 4788 l/min



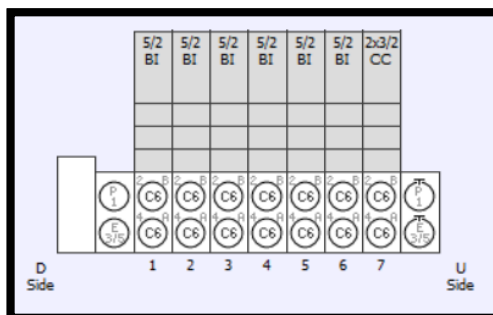
*Obr.5.2 Odvzdušňovací ventil obvodu VHS [28]*

## 5.3 Ventilový blok

Jedná se o řídicí systém, který má ovládat pohyby pneumatických pohonů a také ofukovací zařízení. Z důvodu potřebného vysokého průtoku vzduchu pouze pro dvoudílný vzduchový nůž použiji jeden ventil samostatně pro tuto aplikaci a pro zbylé pneumatické pohony a trysku použiju jeden ventilový blok.

### 5.3.1 Ventilový blok řady SY3000

Tento ventilový blok jsem našel v katalogu firmy SMC a bude skládat ze šesti 5/2 ventilů bistabilních s označením SY3230-5U1-C6 pro ovládání pneumatických pohonů a jednoho 2x3/2 ventilu s označením SY3A30-5U1-C6 pro vzduchovou trysku a paralelní pneumatickou manipulační hlavici. Průtok jednotlivých ventilů je  $Q = 278 \text{ l/min}$ .



Obr.5.3 Schéma ventilového bloku [29]

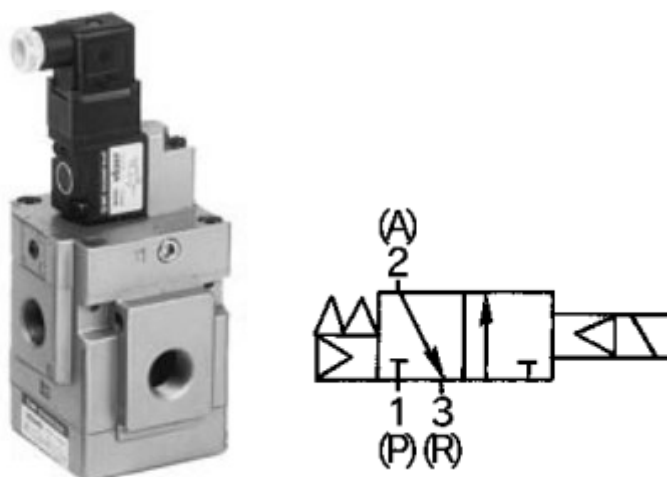
Přívod tlaku vzduchu do bloku je přiveden pomocí hadice na rychlospojku se závit G1/8“ od odvzdušňovacího ventilu. Dále je rozvod vzduchu na výstupu k pohonům rozváděn pomocí hadic s průměrem  $d = 6 \text{ mm}$  na škrťací ventily pneumatických pohonů.



Obr.5.4 Ventilový blok řady SY3000 [29]

### 5.3.2 Ovládací ventil VG342

Tento ovládací ventil je navržený pro oboustranný vzduchový nůž, pro který je potřeba zajistit vysokého průtoku vzduchu. Proto jsem tedy zvolil ventilový blok série VG342 od firmy SMC, který dosahuje průtoku vzduchu až 7655 l/min. Pro aplikaci v zařízení byl použit 3/2 ventil v základní pozici zavřený.



Obr.5.5 Ventil VG342 a jeho schématická značka [29]

### 5.4 Škrticí ventil AS1201F—M5-06

Do pneumatického obvodu jsou zakomponovány škrticí ventily se zpětným ventilem a nástrčnou spojkou od firmy SMC ke snížení nebo zvýšení rychlosti pohybu pneumatických pohonů. Je zde použito připojovacího závitu M5 x 0,8 a připojení pro hadici o vnějším průměru 6 mm.

Průtok vzduchu: 105 l/min

Max. pracovní tlak: 1 MPa



Obr.5.6 Škrticí ventil série AS [30]



## 5.5 Tlumiče hluku

Tlumiče hluku jsou určeny pro snížení hlučnosti při vyfukování vzduchu z pneumatických ventilů nebo rozvaděčů.

Pro odvzdušňovací ventil VHS40-04 jsem použil tlumič hluku firmy SMC s označením AN30-03 s připojením na 3/8“ závit.

Pro ventilový blok byl řady SY3000 jsem použil tlumiče stejné firmy s označením AN10-01 a s připojením na 1/8“ závit.

Pro ovládací ventil VG342 jsem použil rovněž tlumič hluku firmy SMC s označením AN40-40 a s připojením na 1/2“ závit.

Maximální pracovní tlak tlumičů hluku je 1 MPa a dokáží zredukovat hlučnost o 30 dB.



*Obr.5.7 Tlumiče hluku firmy SMC série AN [31]*

## 5.6 Propustnost systému

V pneumatickém obvodu je nutné ověřit propustnost systému. Ověřím tedy systém pro nejkritičtější pozice. Mezi tyto kritické pozice patří propustnost systému pro bezpístnicový pohon MY1B25TFG – 400Z a dvoudílný kruhový nůž VNCD-AL-N-1000-102.

Určení hodnot průtoku šroubení a hadic jsem provedl pomocí tabulky a grafu, které jsem našel ve skriptech prof. Ing. Jaroslava Kopáčka, CSc.

### Okamžitá maximální spotřeba bezpístnicového pohonu MY1B25TFG – 400Z:

$$Q = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left( \frac{p+p_n}{p_n} \right) \quad (8)$$

$$Q = 0,1 \cdot \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot \frac{7}{1}$$

$$Q = 0,0003436 \, m^3 \cdot s^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q = 20,62 \, dm^3 \cdot min^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q = 20,62 \, l \cdot min^{-1}(\text{ANR})$$

### Propustnost systému pro bezpístnicový pohon MY1B25TFG – 400Z:

Pro přívod vzduchu na ventil byla použita hadice s vnějším průměrem 10 mm a vnitřním průměrem 8 mm a délce 200 mm. Od ventilu na bezpístnicový pneumatický pohon byla použita hadice o vnějším průměru 6 mm a vnitřním průměru 4 mm a délky 1000 mm.

$$Q_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{jeden}^2} + \frac{1}{Q_{odv}^2} + \frac{2}{Q_{šroubení}^2} + \frac{1}{Q_{hadice}^2} + \frac{1}{Q_{ventilu}^2} + \frac{1}{Q_{šroubení}^2} + \frac{1}{Q_{hadice}^2} + \frac{1}{Q_{štkičiho v.}^2}}} \quad (9)$$

$$Q_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3000^2} + \frac{1}{4788^2} + \frac{2}{3700^2} + \frac{1}{1800^2} + \frac{1}{278^2} + \frac{1}{940^2} + \frac{1}{550^2} + \frac{1}{105^2}}}$$

$$Q_{ekv} = 95,92 \, l/min \, (\text{ANR})$$

Z výpočtu je viditelné že propustnost systému je mnohem větší, než okamžitá maximální spotřeba bezpístnicového pohonu. Podmínka je tedy splněna a mnou zvolený pneumatický obvod vyhovuje.

**Okamžitá maximální spotřeba dvoudílného kruhového nože VNCD-AL-N-1000-102:**

Na obrázku 3.2 v kapitole 3 této diplomové práce můžeme vidět graf spotřeby vzduchu při štěrbině 0,05 mm. Z grafu můžeme odečíst hodnotu spotřeby vzduchu pro vnitřní průměr nože 102 mm při tlaku 0,6 MPa. Tedy spotřeba vzduchu se pohybuje okolo 1750 l/min(ANR).

**Propustnost systému pro dvoudílný kruhový nůž VNCD-AL-N-1000-102:**

Pro přívod vzduchu na ventil byla použita hadice s vnějším průměrem 12 mm a vnitřním průměrem 10 mm a délce 200 mm. Od ventilu na dvoudílný kruhový nůž byla použita hadice o stejném vnějším a vnitřním průměru ale délky 500 mm.

$$Q_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{jednotka}^2} + \frac{1}{Q_{odv.}^2} + \frac{4}{Q_{šroubení}^2} + \frac{1}{Q_{hadice}^2} + \frac{1}{Q_{ventilu}^2} + \frac{1}{Q_{hadice}^2}}} \quad (10)$$

$$Q_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3000^2} + \frac{1}{4788^2} + \frac{4}{5850^2} + \frac{1}{8000^2} + \frac{1}{7655^2} + \frac{1}{7500^2}}}$$

$$Q_{ekv} = 1762 \text{ l/min (ANR)}$$

Propustnost systému se pohybuje na hranici hodnot s okamžitou spotřebou dvoudílného kruhového nože ale i tak je splněna podmínka průtokové propustnosti obvodu.

## 5.7 Řízení manipulátoru a ofukovacího zařízení

V řešení diplomové práce bylo také nakreslit elektropneumatický obvod. Tento výkres je zaveden jako příloha A. Řízení ofukovacího zařízení a manipulátoru bude realizováno programovatelným automatem SIMATIC, který musí mít 16 vstupů z čeho 14 vstupů odpovídá koncovým polohám pneumatických pohonů a 2 odpovídají přítomnosti elektromagnetu. Jeden z těchto snímačů je nainstalován na dorazu nakládacího dopravníku a druhý na nakládací ploše ofukovacího zařízení. Dále musí mít 9 výstupů které odpovídají počtu cívek na ventilech. Součástí této diplomové práce není vytvoření řídicího programu, ale pro programátora je zde vytvořen zápis v chronologickém sledu.

1. Zjištění přítomnosti elektromagnetu na dopravníku pomocí indukčního snímače
2. Pneumatický válec 6.0 se vysune (pozice I12)
3. Aktivuje se magnetická hlavice 7.0 – píst sjede dolů (pozice I14)
4. Pneumatický válec 6.0 se zasouvá a zvedá manipulovaný elektromagnet (pozice I11)
5. Bezpečnostní válec 5.0 přesune elektromagnet nad čistící zařízení (pozice I9)
6. Aktivace vzduchové trysky
7. Pneumatický válec 6.0 se vysune a pokládá elektromagnet – dochází k čištění vnitřního prostoru (pozice I12)
8. Zjištění přítomnosti elektromagnetu na čistícím zařízení pomocí indukčního snímače
9. Deaktivace magnetická hlavice 7.0 – píst vyjede nahoru (pozice I13)
10. Deaktivace vzduchové trysky
11. Pneumatický válec 6.0 se zasune do výchozí pozice (pozice I11)
12. Aktivace vzduchového nože
13. Bezpečnostní válec 5.0 se přesune do výchozí polohy (pozice I10)
14. Pneumatický válec 4.0 se vysouvám a dochází k čištění vnějšího prostoru (I8)
15. Pneumatický válec 4.0 se zasouvám a dochází k čištění vnějšího prostoru po druhé (I9)
16. Bezpečnostní válec 1.0 se přesune s úchopnou hlavici k čistícímu zařízení (pozice I2)
17. Pneumatický válec 2.0 se vysune (pozice I4)
18. Radiální manipulační hlavice 3.0 roztáhne čelisti a uchopí elektromagnet za vnitřní průměr (pozice I6)

19. Pneumatický válec 2.0 se zasune (pozice I3)
20. Bezpečnostní válec 1.0 se přesune s uchopeným elektromagnetem do výchozí polohy (pozice I1)
21. Pneumatický válec 2.0 se vysune (pozice I4)
22. Radiální manipulační hlavice 3.0 se deaktivuje a elektromagnet se položí na koncový dopravník (pozice I5)
23. Pneumatický válec 2.0 se zasune (pozice I3)

### **Podmínka**

Naložit elektromagnet na čisticí zařízení může řídicí systém pouze tehdy, když snímač na ofukovacím zařízení zaznamená nepřítomnost elektromagnetu a poloha bezpečnostního válce 1.0 bude ve výchozí pozici I1. Tímto zabráníme ke kolizi obou manipulačních provedení a případném naložení elektromagnetů na sebe.

## 6. Závěr

Na začátku své práce jsem se zabýval problematikou tlakového čištění a sušení výrobků, které v dnešní době nachází velkého využití ve výrobním průmyslu. Vypracoval jsem rozdělení konstrukčních provedení jednotlivých způsobů tlakového čištění a popsal jejich hlavní výhody a nevýhody. Dále jsem v práci uvedl jejich aplikaci a využití ve výrobním průmyslu a s tím spojené i provozní náklady. Pro zajímavost jsem uvedl rotační trysku PATA GUN, která vytváří rázovou vlnu tlakového vzduchu.

V další části své diplomové práce jsem vypracoval přehled manipulační techniky. Lehce jsem rozvedl rozdělení úchopných hlavic a popsal jejich konstrukční provedení a funkci. Jelikož manipulační hlavice mohou být pneumatického, hydraulického a elektrického pohonu uvedl jsem jejich hlavní výhody a nevýhody v průmyslu. Důležitým faktorem při volbě manipulační hlavice je takzvaná úchopná síla, kterou je potřeba znát k uchopení předmětu a zajistit tak jeho bezpečnou přepravu.

Cílem této práce bylo navrhnout zařízení pro finální čištění elektromagnetu po jeho montáži. Vymyslel jsem tedy nejprve hlavní ofukovací zařízení, které se skládá ze dvou částí. První část sestává ze základní konstrukce se vzduchovou tryskou, na kterou se bude pokládat elektromagnetická cívka k očištění. Tryska zde slouží k očištění vnitřního prostoru cívky. Druhá část slouží k zajištění očištění vnějšího pláště. Využil jsem tak kruhového vzduchového nože, který se pohybuje po vertikální ose pomocí pneumatického pohonu.

Pro manipulaci elektromagnetické cívky jsem využil dvou různých manipulačních hlavic především kvůli čistotě. Na dopravníku, ze kterého odebírá manipulační zařízení elektromagnet jsou nainstalovány vodící lišty s koncovým dorazem, které zajišťují stabilní pozici pro odebírání. Pokud sensor zaznamená přítomnost elektromagnetu na pozici sjede pohon s magnetickou hlavici dolů a ta uchytí elektromagnet. Pohon se zasune zpět do výchozí pozice a pomocí bezpístnicového pohonu jej přemístí a položí na čistící zařízení. Během pokládání je přiveden vzduch na trysku a očišťován tak vnitřní prostor. Pokud je vertikální pohon manipulačního zařízení ve výchozí pozici je přiveden vzduch na vzduchový nůž, který se pohybuje po vertikální ose v délce 80 mm za pomoci pohonu na, kterém je umístěn a očistí tak vnější plášť. Pro vyložení je použito manipulační hlavice radiální se dvěma čelistmi, která uchopí cívku za vnitřní prostor. Cívka je vyzdvižena a přemístěna na

koncový dopravník. Zvolení vhodných pracovních prvků jsem ověřil početně a také za pomoci konfiguratorů od firmy SMC.

V závěru své práce jsem navrhl a specifikoval elektro-pneumatický obvod a uvedl jej jako výkres v příloze A s přiloženým kusovníkem součástí. Součástí této diplomové práce bylo také vymodelování kompletního ofukovacího zařízení včetně manipulační techniky a vytvoření dispozičního výkresu, který je uveden v příloze B taktéž s přiloženým kusovníkem součástí. Jako poslední bod jsem ověřil propustnost pneumatického systému pro bezpístnicový pohon a dvoudílný kruhový nůž a vytvořil jsem zápis řídicího systému v chronologickém sledu.

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Lukáši Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.



## Seznam použité literatury

- [1]** *Průmyslové aplikace* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/cs/prumyslove-aplikace/>
- [2]** *Vzduchové trysky* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.hennlich.cz/uploads/CZ\\_vzduchov%C3%A9.pdf](https://www.hennlich.cz/uploads/CZ_vzduchov%C3%A9.pdf)
- [3]** *Porovnání ofukování* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/cs/porovnavani-ofukovani/>
- [4]** *Vyfukovací trysky Vortec - specifikace* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: [https://www.lontech.cz/files/zesilovace\\_proudu\\_vzduchu\\_transvector/blowoff-nozzles-and-jets-specifikace.pdf](https://www.lontech.cz/files/zesilovace_proudu_vzduchu_transvector/blowoff-nozzles-and-jets-specifikace.pdf)
- [5]** *Vzduchová tryska* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://content2.smcetech.com/pdf/VMG-F\\_EU.pdf](https://content2.smcetech.com/pdf/VMG-F_EU.pdf)
- [6]** *Vzduchové nože* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/>
- [7]** *Hennlich – aplikace vzduchových nožů* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.hennlich.cz/fileadmin/user\\_upload/KATEGORIEN/Duesen\\_HCZ/Bilder/aplikace/vzduchove\\_noze\\_coca\\_cola.JPG](https://www.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Duesen_HCZ/Bilder/aplikace/vzduchove_noze_coca_cola.JPG)
- [8]** *Aplikace v potravinářském průmyslu* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/aktuality/archiv/detail/article/vzduchove-noze-v-potravinarskem-prumyslu.html>
- [9]** *Hennlich – Schéma aplikace vzduchových nožů* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.hennlich.cz/fileadmin/user\\_upload/KATEGORIEN/Duesen\\_HCZ/Bilder/aplikace/vzduchove\\_noze\\_top\\_plechovky\\_nakres.BMP](https://www.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Duesen_HCZ/Bilder/aplikace/vzduchove_noze_top_plechovky_nakres.BMP)
- [10]** *Katalog vzduchových nožů* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.energoekonom.cz/produkty-nerezove-vzduchove-noze-ve-tvaru-diamantu-93?tabs=Ke%20sta%C5%BEen%C3%AD>
- [11]** *Princip činnosti* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/cs/princip-cinnosti/>

- [12]** *Katalog produktu MOS technik* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/17348179-Vzduchove-noze-katalog-produktu-vysoce-efektivni-a-ekonomicke-reseni-ve-vasem-provozu-oblast-pouziti-vzduchove-noze-funkce.html>
- [13]** *PATA GUN* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/download/sortiment/rrt-navod.pdf>
- [14]** *Katalog PATA GUN* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/download/sortiment/rrt-18.pdf>
- [15]** SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory: Učebnicový text* [online]. 2007 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta\\_PRaM.pdf](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf)
- [16]** KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlavice a periferií*. Brno: PC-DIR, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0533-3.
- [17]** *SMC katalog úchopných hlavice* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_subclasses.jsp?dc\\_product\\_id=17408&lang=cs&ctry=CZ](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=17408&lang=cs&ctry=CZ)
- [18]** *SCHUNK – úchopné hlavice* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_en/gripping-systems/category/gripping-systems/schunk-grippers/angular-gripper/](https://schunk.com/cz_en/gripping-systems/category/gripping-systems/schunk-grippers/angular-gripper/)
- [19]** *Grippers in motion* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://gumusel.ktu.edu.tr/files/Grippers-in-Motion.pdf>
- [20]** *SMC – katalog magnetická úchopná hlavice* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://content2.smcetech.com/pdf/MHM-X6400\\_EU.pdf](https://content2.smcetech.com/pdf/MHM-X6400_EU.pdf)
- [21]** *SMC- Training* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://ulozto.cz/ISwFZeR96/smc-training-pdf>
- [22]** *Katalog ARGO HYTOS* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user\\_upload/Katalog\\_C\\_hc8007\\_CZ.pdf](http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Katalog_C_hc8007_CZ.pdf)
- [23]** *Návod použití kruhového nože MOS Technik* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/download/sortiment/vncj-manual.pdf>

**[24]** *SMC Katalog – pneumatický pohon* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://content2.smcetech.com/pdf/CXS\\_EU.pdf](https://content2.smcetech.com/pdf/CXS_EU.pdf)

**[25]** HOLIŠ, Petr. *Možnosti snížení spotřeby stlačeného vzduchu při tlakovém čištění výrobků* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/114889/HOL0259\\_FS\\_B2341\\_2302R007\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=n...](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/114889/HOL0259_FS_B2341_2302R007_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=n...) Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

**[26]** *MOS technik sortimenty nožů* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.mos-pneumatics.com/cs/sortiment-nozu/>

**[27]** *Pneumatické pohony SMC* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_subclasses.jsp?dc\\_product\\_id=16635](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=16635)

**[28]** *Úprava stlačeného vzduchu SMC* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_subclasses.jsp?dc\\_product\\_id=14781](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=14781)

**[29]** *Ventily a ventilové bloky SMC* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_subclasses.jsp?dc\\_product\\_id=23565](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=23565)

**[30]** *Nástrčné spojky SMC* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_subclasses.jsp?dc\\_product\\_id=20874](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=20874)

**[31]** *Tlumiče hluku firmy SMC* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/WebContent/digital\\_catalog\\_2/jsp/view\\_features\\_list.jsp?dc\\_product\\_id=72042](https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_features_list.jsp?dc_product_id=72042)